



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Biomèdica

PLANIFICACIÓ I DISSENY D'UN QUIRÒFAN PER PROCESSOS DE RADIACIÓ



Memòria i Annexos

Autor:	Marta Güell Pasero
Director:	Abel Torres Cebrián
Departament:	ESAI
Convocatòria:	Gener 2018

Resum

En la actualitat, segons *l'institut nacional d'estadística* un 18% de la mortalitat masculina espanyola es deguda al càncer de pulmó i bronquis i al càncer de pròstata amb una incidència del 13% y 5% respectivament, mentre que un 3% de la mortalitat de la població femenina espanyola es deguda al càncer de pulmó i al càncer ginecològic, amb una incidència del 2,63% i 0,3% respectivament, tot i que aquest últim tingui poca mortalitat, es un dels càncers que més es pateixen en la actualitat. El tractament d'aquestes malalties requereix l'ús de quiròfans que permetin la teràpia amb braquiteràpia d'altres dosis.

En aquest context, en l'actualitat només hi ha una unitat dintre del Institut Català d'Oncologia en tota Catalunya que tracti les malalties amb aquestes teràpies. Degut a la antiguitat dels quiròfans, el bloc quirúrgic actualment vigent queda petit i algunes parts compleixen dubtosament amb la seguretat del quiròfan, ja que al ser una instal·lació antiga no es obligatori complir estrictament amb tota la normativa actual. Per això, per contribuir a la millora del tractament de les malalties esmentades, l'objectiu principal d'aquest treball de final de grau ha estat el disseny d'un bloc quirúrgic per aplicacions radiològiques per al tractament del càncer de pulmó i bronquis, pròstata i càncer ginecològic.

Per aconseguir aquest objectiu principal i amb l'objectiu d'emfatitzar amb les parts més involucrades en l'àmbit de l'enginyeria biomèdica, en el present projecte s'ha tingut en compte tant les característiques d'àmbit estructural com poden ser la distribució de sales d'un bloc quirúrgic, mida de les portes, alçada del quiròfan, bioseguretat, etc., com les característiques tècniques dels equips mèdics i la seguretat elèctrica que ha complir el quiròfan per a la seva posada en marxa. Així doncs, cal senyalar que s'ha donat especial èmfasi al càlcul del blindatge requerit per al ús del equip MicroSelectron HDR que es un dels tractaments més invasius del moment, per complir així amb la seguretat radiològica necessària per al ús d'aquestes fonts de radiació.

La realització d'aquest projecte, ha suposat entendre les necessitats de cada quiròfan i bloc quirúrgic per així poder, dissenyar i implementar un quiròfan d'aquestes característiques que compleixi amb tots els requisits per a la seva posada en marxa.

Resumen

En la actualidad, según *el Instituto Nacional de Estadística* un 18% de la mortalidad masculina española es debida al cáncer de pulmón y bronquios y al cáncer de próstata, con una incidencia del 13% y 5% respectivamente, mientras que un 3% de la mortalidad de la población femenina es debida al cáncer de pulmón y al cáncer ginecológico, con una incidencia del 2,63% y 0,3%, respectivamente, aunque este último tenga poca mortalidad, es uno de los cánceres que más se sufren en la actualidad. El tratamiento de estas enfermedades requiere el uso de quirófanos que permitan la terapia con braquiterapia de altas dosis.

En este contexto, en la actualidad sólo hay una unidad dentro del *Institut Català d'Oncologia* en toda Catalunya que trate enfermedades con esta terapia. Debido a la antigüedad de los quirófanos, el bloque quirúrgico actualmente vigente se queda pequeño y algunas partes cumplen dudosamente con la seguridad de quirófano, puesto que al ser una instalación antigua no es obligatorio cumplir estrictamente con toda la normativa actual. Por ello, para contribuir a la mejora del tratamiento de dichas enfermedades, el objetivo principal de este trabajo final de grado ha sido el diseño de un bloque quirúrgico para aplicaciones radiológicas para el tratamiento del cáncer de pulmón y bronquios, próstata y cáncer ginecológico.

Para alcanzar este objetivo principal y con el objetivo de enfatizar con las partes más involucradas en el ámbito de ingeniería biomédica, en el presente proyecto se ha tenido en cuenta tanto las características de ámbito estructural como pueden ser la distribución de las salas de un bloque quirúrgico, medida de las puertas, altura del quirófano, bioseguridad, etc., como las características técnicas de los equipos médicos y la seguridad eléctrica que debe cumplir el quirófano para su puesta en marcha. Asimismo, cabe señalar que se ha dado especial énfasis al cálculo del blindaje requerido para el uso del equipo MicroSelectron HDR que es uno de los tratamientos más invasivos del momento, para cumplir así con la seguridad radiológica necesaria para el uso de estas fuentes de radiación.

La realización de este proyecto, ha supuesto entender las necesidades de cada quirófano y bloque quirúrgico, para así poder, diseñar e implementar un quirófano de estas características que cumpla con todos los requisitos para su puesta en marcha.

Abstract

According to the National Institute of Statistics, nowadays 18% of the male mortality is due to the lung and bronchus cancer (13%) and to the prostate cancer (5%), while 3% of the female mortality is due to the lung cancer (2,63%) and gynaecological cancer (0,3%). In spite of the low mortality rate of gynaecological cancer, is one of the most treated today. To treat these diseases are needed operating rooms able to work with high rate dose brachytherapy.

In this context, currently there is only one surgical unit with these characteristics in Catalonia, and it is located inside of the Catalan Oncology Institute. The operating rooms of this unit are very antique and too small. Moreover, some parts do not comply with the safety requirements of an operating room, because the ancient facilities do not strictly need to accomplish with the whole current regulations. That is why, in order to make a contribution to improving the treatment of such diseases, the main objective of this final degree project has been the design of a surgical block for radiologic applications to treat lung and bronchus cancer, prostate cancer and gynaecological cancer.

In order to reach this main objective and with the aim to emphasize on the parts involved on the biomedical engineering field; this project has taken into account not only the characteristics of the structural area, such as the distribution of the rooms of a surgery unit, the size of the doors, the height of the operating room, the biosecurity, etc. but also the technical characteristics of the medical team and the electrical security that the operating room needs to comply with in order to be operative. It has to be highlighted too that the project makes an emphasis in the calculus of the needed shielding for the use of MicroSelectron HDR equipment, which is one of the most invasive treatments at the moment, in order to fulfil the needed radiologic safety requirements to use this kind of radiation resources.

To carry out this project, it has been needed to understand the necessities of each operating room and surgery unit, in order to be able to design and implement one operating room with those characteristics that accomplish with all the requirements needed for its setting up.



Agraïments

Primerament, m'agradaria agrair al meu tutor del projecte, Abel Torres pels consells que m'ha proporcionat a lo llarg del projecte, ajudant-me així a desenvolupar un treball més complet i unificat.

Per altra banda, m'agradaria agrair al cap de servei del departament d'electromedicina de l'hospital Universitari de Bellvitge, Enric Beltrant, per la seva ajuda i predisposició a ajudar-me durant el projecte i també a tot l'equip de l'electromedicina i inventari de Bellvitge, en especial a Eva gonzález per tota l'ajuda i recolzament proporcionat durant el desenvolupament del projecte.

Vull fer especial menció en els meus agraïments a Cristina Picón, cap de servei de física i protecció radiològica de l'institut català d'oncologia ja que m'ha ajudat molt amb el desenvolupament del projecte i, per altra banda, al cap de servei de l'àrea de braquiteràpia de l'ICO, Marc Garcia i al seu equip per deixar-me accedir a les instal·lacions quirúrgiques i poder veure una operació de càncer de pròstata utilitzant la tècnica d'estudi del meu projecte.

Per últim, agrair a totes les persones que han estat al meu costat durant el desenvolupament del treball, recolzant-me en aquelles decisions preses durant aquest projecte i durant tota la meva carrera formativa, especialment al meu pare Jordi, a la meva mare Pilar, al meu germà Jordi i a les meves companyes de pis.



Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	V
1. PREFACI	1
1.1. Origen del treball	1
1.2. Motivació	1
2. INTRODUCCIÓ	3
2.1. Objectius del treball.....	4
2.2. Abast del treball.....	5
3. BLOC QUIRÚRGIC D'UN HOSPITAL	7
3.1. Unitat de Recuperació i Unitat de Recuperació Post-Anestèsica	7
3.2. Quiròfan	8
3.3. Administració	8
3.4. Subministraments.....	8
3.5. Magatzem d'equips mèdics.....	9
3.6. Vestuari i zona de descans.....	9
4. BIOSEGURETAT	11
4.1. Principis bàsics de la bioseguretat.....	11
4.2. Elements bàsics de la bioseguretat	12
4.2.1. Barreres primàries	12
4.2.2. Barreres secundàries	13
4.3. Protocols de neteja	17
5. ESTRUCTURA I EQUIPAMENT BÀSIC D'UN QUIRÒFAN	19
5.1. Característiques estructurals d'un quiròfan.....	19
5.2. Equipament bàsic.....	20
5.2.1. Taula Quirúrgica	20
5.2.2. Torretes	21
5.2.3. Il·luminació	21
5.2.4. Equip d'anestèsia	22

5.2.5. Electrobisturís	23
5.2.6. Equips de monitoratge	25
5.2.7. Desfibril·lador	26
5.2.8. Ventilador mecànic.....	27
5.2.9. Ordinadors.....	28
6. RADIACIONS IONITZANTS PER ÚS HOSPITALARI.	29
6.1. Conceptes bàsics de la radioactivitat	29
6.1.2. Característiques de les radiacions.....	31
6.1.3. Magnituds i unitats de protecció radiològica	32
6.2. Equips de basats en radiacions ionitzants.	33
6.2.1. Procediments en un tractament de braquiteràpia.....	35
6.2.2. Tipus de fonts utilitzades.....	35
6.2.3. Tipus de braquiteràpia.	37
6.3. Protecció radiològica	41
6.3.1. Principis bàsics de protecció radiològica.....	42
6.3.2. Protecció sobre riscos radiològics	42
6.3.3. Tipus d'efecte biològics	43
6.3.4. Efectes sobre la salut.....	44
7. NORMATIVA	47
8. QUIRÒFAN PER PROCESSOS DE RADIACIÓ	51
8.1 Plànols.....	53
8.2. Bioseguretat.....	57
8.3. Seguretat radiològica.....	60
8.3.1. Dosis permeses per a públic i treballadors	60
8.3.2. Càlcul del blindatge	61
8.4. Equipament bàsic	66
8.4.1. Il·luminació	66
8.4.2. Taula quirúrgica	67
8.4.3. Equip d'anestèsia.....	68
8.4.4. Monitors	69
8.4.5. Desfibril·ladors.....	70
8.4.6. Pla d'integració	71
8.4.7. Ordinadors.....	72
8.5. Equipament específic	75
8.5.1. MicroSelectron HDR	75

8.5.2. Ecògraf	76
8.5.3. Càmera de vigilància	78
8.5.4. Arc quirúrgic.....	79
8.6. Pla d'emergència i gestió de residus.	80
8.7. Seguretat elèctrica	82
ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	87
CONCLUSIONS	89
PRESSUPOST I/O ANÀLISI ECONÒMICA	93
BIBLIOGRAFIA	97
ANNEX A. CÀLCUL D'IL·LUMINACIÓ.	103
A.1. Zona de quiròfan	103
A.2. Zona de control.....	104
ANNEX B. SENYALITZACIONS.	105
B.1. Senyalitzacions especials d'irradiació.....	105
ANNEX C. FITXES TÈCNICA EQUIPS BIOMÈDICS	109
C.1. Làmpada quirúrgica	109
C.2. Taula quirúrgica	109
C.3. Equip d'anestèsia	110
C.4. Monitors	111
C.5. Desfibril·ladors	111
C.6. Pla d'integració	112
C.7. Ordinadors	113
C.8. Ecògraf	113
C.9. Càmera de vigilància.....	114
C.10. Arc quirúrgic.....	114

Índex d'il·lustracions

<i>Il·lustració 4.1.</i> Esquema ventilació amb pressió positiva al quiròfan[7].	13
<i>Il·lustració 4.2.</i> Esquema flux d'aire en diferents tipus de quiròfan[8].	14
<i>Il·lustració 5.1.</i> Parts d'un equip d'anestèsia.	22
<i>Il·lustració 5.2.</i> Espectre de freqüència de treball dels electrobisturis.	23
<i>Il·lustració 5.3.</i> Esquema bàsic del circuit de l'electrobisturi.	24
<i>Il·lustració 5.4.</i> Esquema circuit de mode monopolar del electrobisturis.	25
<i>Il·lustració 5.5.</i> Esquema circuit de mode bipolar del electrobisturis.	25
<i>Il·lustració 5.6.</i> Diagrama de blocs del funcionament del desfibril·ladors.	26
<i>Il·lustració 5.7.</i> Desfibril·lador amb les dues pales de descàrrega.	27
<i>Il·lustració 5.8.</i> Esquema d'un ventilador mecànic[28].	28
<i>Il·lustració 6.1.</i> Variació de la dosi en una font d'Ir 192 en funció de la distància.	34
<i>Il·lustració 6.2.</i> Font de iode encapsulada.	37
<i>Il·lustració 6.3.</i> Fonts de iodes unides per un fil de seda amb una separació de 1 cm.	37
<i>Il·lustració 6.4.</i> Equip mèdic <i>Selectron LDR/MDR</i> .	38
<i>Il·lustració 6.5.</i> Equip mèdic <i>Curietron</i> .	39
<i>Il·lustració 6.6.</i> Equip mèdic <i>MicroSelectron HDR</i> .	39
<i>Il·lustració 6.7.</i> Equip mèdic <i>Varisource</i> .	40
<i>Il·lustració 6.8.</i> Equip mèdic <i>MicroSelectron PDR</i> .	41
<i>Il·lustració 6.9.</i> Equip mèdic d'implants permanents.	41
<i>Il·lustració 6.10.</i> Probabilitat d'ocurrència d'efectes deterministes en funció de la dosi exposada.	43
<i>Il·lustració 6.11.</i> Probabilitat d'ocurrència d'efectes estocàstics en funció de la dosi exposada.	44
<i>Il·lustració 8.1.</i> Gràfiques tant per mil sobre les causes de mortaldat dels homes.	51
<i>Il·lustració 8.2.</i> Gràfiques tant per mil sobre les causes de mortaldat de les dones.	52
<i>Il·lustració 8.3.</i> Gràfiques tant per mil sobre les causes de mortaldat en ambdós sexes.	52
<i>Il·lustració 8.4.</i> Plànols de distribució del bloc quirúrgic.	54
<i>Il·lustració 8.5.</i> Plànol dels quiròfans.	55
<i>Il·lustració 8.6.</i> Filtre M5.	58

<i>Il·lustració 8.7.</i> Sistema de filtració de les bosses còniques en comparació al sistema de bosses arrodonides. _____	58
<i>Il·lustració 8.8.</i> Filtre F9. _____	58
<i>Il·lustració 8.9.</i> Filtre H14. _____	59
<i>Il·lustració 8.10.</i> Esquema de pressions del quiròfan. _____	59
<i>Il·lustració 8.11.</i> Equip de ventilació per crear les diferències de pressions. _____	60
<i>Il·lustració 8.12.</i> Esquema d'irradiació quiròfan 1. _____	63
<i>Il·lustració 8.13.</i> Esquema d'irradiació quiròfan 2. _____	65
<i>Il·lustració 8.14.</i> Làmpada <i>TruLight 5510</i> . _____	67
<i>Il·lustració 8.15.</i> Taula quirúrgica <i>TruSystem 7500</i> . _____	68
<i>Il·lustració 8.16.</i> Equip d'anestèsia <i>Aisys CS2</i> . _____	69
<i>Il·lustració 8.17.</i> Monitor <i>Sony LCD 2D Full HD de 27 polsades</i> . _____	70
<i>Il·lustració 8.18.</i> Desfibril·ladors <i>HeartStar XL+</i> de la casa <i>Philips</i> . _____	71
<i>Il·lustració 8.19.</i> Sistema d'integració <i>TruConnect™</i> . _____	72
<i>Il·lustració 8.20.</i> Ordinador <i>CLINIO 4</i> . _____	73
<i>Il·lustració 8.21.</i> Teclat i ratolí de grau mèdic. _____	74
<i>Il·lustració 8.22.</i> Equip de braquiteràpia <i>microSelectron®</i> . _____	76
<i>Il·lustració 8.23.</i> Equip d'ecografia <i>Philips ClearVue 550</i> . _____	78
<i>Il·lustració 8.24.</i> Equip de Vigilància <i>DS-2CD6986F-(H)</i> de la marca <i>HIKVISION</i> . _____	79
<i>Il·lustració 8.25.</i> Arc quirúrgic <i>Arcovis 3000R</i> . _____	80
<i>Il·lustració 8.26.</i> SAI <i>EATON 9170+UPS</i> . _____	85
<i>Il·lustració B.1.</i> Senyalització zona vigilada per risc d'irradiació. _____	105
<i>Il·lustració B.2.</i> Senyalització zona controlada per risc d'irradiació. _____	106
<i>Il·lustració B.3.</i> Senyalització zona de permanència limitada per risc d'irradiació. _____	106
<i>Il·lustració B.4.</i> Senyalització zona de permanència reglamentària per risc d'irradiació. _____	107
<i>Il·lustració B.5.</i> Senyalització zona d'accés prohibit per risc d'irradiació. _____	107
<i>Il·lustració B.6.</i> Senyalització de les diferents zones per risc d'irradiació, contaminació o per ambdues. _____	108

Índex de taules

<i>Taula 4.1.</i> Classificació dels quiròfans segons normativa.	15
<i>Taula 4.2.</i> Tipus de nivell de filtració que han de seguir els quiròfans.	15
<i>Taula 4.3.</i> Tipus de filtració que han de seguir els quiròfans.	17
<i>Taula 5.1.</i> Tipus de classificació de colors i gas segons la normativa[14].	20
<i>Taula 6.1.</i> Classificació del tipus de partícules, massa i càrrega.	29
<i>Taula 6.2.</i> Tipus de radiació i fórmules de desintegració del nucli.	30
<i>Taula 6.3.</i> Valors de ponderació dels diferents tipus de teixit.	33
<i>Taula 6.4.</i> Efectes de la radiació sobre la salut segons la dosi exposada.	45
<i>Taula 8.1.</i> Resultats del blindatge necessari per a cada paret del quiròfan 1.	64
<i>Taula 8.2.</i> Resultats del blindatge necessari per a cada paret del quiròfan 2.	66
<i>Taula 8.3.</i> Potència dels equips mèdics.	84
<i>Taula 10.</i> Pressupost pla d'equipament quiròfan 1 i 2.	94
<i>Taula 11.</i> Pressupost treball d'enginyeria.	94
<i>Taula 12.</i> Pressupost total projecte (pla d'equipament + treball d'enginyeria).	94
<i>Taula C.1.</i> Característiques tècniques TruLIGHT 5510.	109
<i>Taula C.2.</i> Característiques tècniques de la taula quirúrgica TruSystem 7500.	110
<i>Taula C.3.</i> Característiques tècniques Aisys CS2.	110
<i>Taula C.4.</i> Característiques tècniques LMD-2765.	111
<i>Taula C.5.</i> Característiques tècniques HEARTSTART XL+.	111
<i>Taula C.6.</i> Característiques tècniques dispositiu portàtil TruConnect.	112
<i>Taula C.7.</i> Característiques tècniques servidor TruConnect.	112
<i>Taula C.8.</i> Característiques tècniques estació de paret TruConnect.	112
<i>Taula C.9.</i> Característiques tècniques Ordinador CLINIO 4.	113
<i>Taula C.10.</i> Característiques tècniques Ecograf Philips ClearVue 550	113
<i>Taula C.11.</i> Característiques tècniques càmera de vigilància.	114
<i>Taula C.12.</i> Característiques tècniques Arcovis 3000 S	114

Índex d'equacions

<i>Equació 6.1. Número de nuclis de la mostra en el instant de temps t ($N_A(t)$).</i>	30
<i>Equació 6.2. Número de nuclis de la mostra en el període de semidesintegració ($N_A(T)$).</i>	30
<i>Equació 6.3. Activitat d'una mostra en un instant de temps determinat $A(t)$.</i>	31
<i>Equació 6.4. Activitat d'una mostra de forma simplificada (A).</i>	31
<i>Equació 6.5. Energia absorbida després d'haver travessat la matèria (E_a).</i>	32
<i>Equació 6.6. Dosis absorbida (I).</i>	32
<i>Equació 6.7. Dosis absorbida (II).</i>	32
<i>Equació 6.8. Dosi equivalent (H_T).</i>	32
<i>Equació 6.9. Dosi equivalent (E).</i>	32
<i>Equació 6.10. Formules càlcul de blindatge.</i>	43
<i>Equació 8.1. Càlcul dosis setmanal.</i>	61
<i>Equació 8.2. Càlcul Potència activa.</i>	82
<i>Equació 8.3. Càlcul Potència aparent.</i>	83
<i>Equació A.1. Equivalència de lux a lúmens.</i>	103
<i>Equació A.2. Equivalència de lux a lúmens.</i>	104

1. Prefaci

1.1. Origen del treball

Aquest treball neix a partir de la realització de les pràctiques curriculars del grau de Enginyeria Biomèdica a l'Hospital Universitari de Bellvitge, ja que durant aquest període vaig estar en contacte amb el departament d'electromedicina i d'inventari d'equips mèdics, i veure i conèixer tot el món tant de les empreses del sector com dels equips mèdics que oferien, em va crear un especial interès en els grans projectes que es duen a terme en els concursos públics.

Per altra banda, durant les pràctiques vaig veure el procés de blindatge d'un quiròfan de la nova unitat de cirurgia ambulatoria de l'hospital, fet que em va cridar especialment l'atenció, ja que l'estudi de la seguretat radiològica sempre m'havia agradat.

1.2. Motivació

La motivació que em va empènyer a fer el treball sobre el disseny d'un quiròfan va ser principalment per entendre amb més profunditat tots els paràmetres que cal tindre en compte en el moment de crear un quiròfan, així com tota la normativa que ha de complir tant en termes bàsics de la part de estructura d'aquest com per la part de seguretat radiològica més específica.

A més a més, tal i com he explicat en el subapartat anterior 1.1. sobre l'origen del treball, m'agrada el món de la realització de projectes i aquesta em va semblar una bona oportunitat de començar a entrar en matèria i preparar-me pel futur.

2. Introducció

El treball de fi de grau és un treball multidisciplinari que engloba diferents coneixements, habilitats i competències adquirides durant els quatre anys del grau en Enginyeria Biomèdica, fet que atorga al estudiant uns últims coneixements generals respecte a l'elaboració de projectes del àmbit d'estudi.

Així doncs, aquest projecte engloba estudis d'Enginyeria Biomèdica, dintre del àmbit de la Enginyeria Hospitalària, fet que provoca que s'estudiï tant competències de la part d'enginyeria general com són la normativa, pressupostos, etc. com la part més específica del àmbit biomèdic com és la bioseguretat, l'equipament mèdic utilitzat, la seguretat radiològica que cal complir, etc.

El present projecte, està dividit per dos parts fonamentals, una que seria la part de disseny d'un bloc quirúrgic, es a dir, distribució de sales, equipament mèdic necessari, tipus de portes, etc. i, per altra banda, la part que seria el compliment de normativa per tal de poder dur a terme la posada en marxa d'aquest bloc quirúrgic, és a dir, bioseguretat, seguretat radiològica, seguretat elèctrica, etc. El desenvolupament d'aquestes dos parts proporciona un disseny complet d'un quiròfan amb els requisits necessaris per a realitzar teràpies amb radiacions ionitzants.

Entrant més en detall, en la primera part del projecte es duu a terme un disseny general del bloc quirúrgic, el qual, per desenvolupar-lo es requereix de coneixements previs d'enginyeria així com d'una correcta utilització de la normativa actual, ja que cal tindre en compte diferents aspectes sobre distribució de les sales.

En la segona part del projecte, es treballa la part de seguretat ja que les instal·lacions quirúrgiques requereixen un alt grau de seguretat per tal d'evitar possibles contaminacions tant als pacients com als professionals de la salut. En aquest treball es desenvolupa la part de bioseguretat, que es aquella que té en compte les condicions òptimes per a que no hi creixin els organismes patògens, la seguretat elèctrica que ha de tindre, que es aquella que cal complir per a que en cas d'aturada de la xarxa elèctrica el quiròfan tingui autonomia per seguir en funcionament durant un període de temps, i per últim, com a principal novetat, la seguretat radiològica, necessària per dur a terme teràpies amb utilització de fonts ionitzats.

En aquest context, el treball ha estat elaborat de manera lineal, apartat darrera apartat, guardant concordança entre ells, de manera que finalment s'obtingui un disseny i una planificació del bloc quirúrgic unificada.

2.1. Objectius del treball

Amb el desenvolupament del treball “Planificació i disseny d’un quiròfan per processos de radiació” es pretén aconseguir com a objectiu general realitzar un disseny d’un bloc quirúrgic per al tractament del càncer de pulmó i bronquis, pròstata i ginecològic. Per a dur a terme aquest tractament cal utilitzar l’equipament MicroSelectro HDR que és el equip de radioteràpia més potent de l’actualitat, per tant, s’ha tingut especial èmfasis en els elements de seguretat radiològica necessaris per poder utilitzar aquesta teràpia.

Per dur a terme aquest treball els objectius específics que s’han marcat han estat:

- Caracteritzar les parts d’un bloc quirúrgic i detallar els valors, mides i característiques que ha de tindre un quiròfan, així com, analitzar els equips mèdics bàsics necessaris per un bloc quirúrgic tant per cirurgia ambulatoria com per intervencions d’alta tecnologia.
- Desenvolupar el pla d’equipament d’un quiròfan per a la teràpia del càncer de pulmó i bronquis, pròstata i ginecològic, tenint en compte el equipament específic per al desenvolupament d’aquests tipus de teràpia, i fer un pressupost del cost de implementació.
- Analitzar els tipus de radiació ionitzant i les seves característiques així com els equips i les especificacions tècniques que es troben actualment en el mercat.
- Calcular el blindatge mínim que ha de tindre el quiròfan per a poder treballar amb l’equip MicroSelectron HDR d’alta taxa, tenint en compte els materials i l’espessor d’aquests.
- Identificar la seguretat bàsica que ha de complir un quiròfan, és a dir, tots els mecanismes que s’usen per evitar la introducció i la proliferació d’agents patògens així com la seguretat elèctrica que ha de tindre per a que en cas d’un tall de subministrament d’energia elèctrica el quiròfan tingui prou autonomia per continuar en marxa durant un període de temps.
- Dissenyar un quiròfan per al tractament del càncer de bronquis, pulmó i càncer ginecològic, tenint en compte tant els plans de seguretat, com els plans d’equipament per a la seva posterior posada en marxa.

2.2. Abast del treball

L'abast d'aquest projecte es centra en el disseny, seguretat i pla d'equipament d'un quiròfan per al tractament del càncer de bronquis, pròstata i ginecològic. Cal tindre en compte, que s'han realitzat els plànols de la distribució d'un bloc quirúrgic per a braquiteràpia tenint en consideració la zona de vestuaris, zona d'administració, URPA, sala de subministrament, etc. per tal de posteriorment fer el càlcul de blindatge per tindre la seguretat radiològica necessària per al funcionament d'aquest quiròfan.

Per altra banda, cal esmentar que s'ha estudiat el tipus de bioseguretat necessària, ja que cal tindre especial precaució en evitar contaminacions nosocomials i, per últim, s'han elaborat els càlculs de la seguretat elèctrica que s'ha de tindre en cas d'aturada del subministrament elèctric.

Finalment, aquest projecte també inclou el càlcul del pressupost i l'anàlisi mediambiental.

3. Bloc quirúrgic d'un Hospital

El bloc quirúrgic, es la zona de l'hospital on es donen a terme els processos quirúrgics on es té especialment en compte l'asèpsia, és a dir, que sigui una zona amb absència de agents patògens que puguin provocar una infecció.

Hi ha tres tipus de zones dintre dels blocs quirúrgics [1]:

- Zona negra: La zona negra és la primera zona de restricció, és a dir, la zona de primer accés on es troben els vestuaris i on, depèn del bloc quirúrgic, es duu a terme el treball administratiu.
- Zona gris: La zona gris és zona de transit, és a dir, per on passa el material i on es troben les diferents sales com podrien ser la sala de recuperació, laboratoris, magatzem dels equips, zona de esterilització, i per on accedeixen els pacients mitjançant els transfers.
- Zona blanca: La zona blanca és la zona on hi ha la màxima asèpsia ja que és on es duen a terme els processos quirúrgics. A l'interior de la zona blanca, és a dir, el quiròfan és on trobem la taula quirúrgica, equips d'anestèsia, etc.

En el desenvolupament d'aquest projecte, només es dissenya la zona blanca del bloc quirúrgic, ja que les zones gris i negra estan fora de l'abast d'aquest projecte. Cal senyalar que, tot i així, es important saber la definició de cada zona per a la elaboració dels plànols del bloc quirúrgic.

3.1. Unitat de Recuperació i Unitat de Recuperació Post-Anestèsica

Dintre del bloc quirúrgic hi ha dos sales adaptades per els pacients, per abans i després de la intervenció quirúrgica.

- Unitat de Recuperació (REA) [2]: La funció principal de la REA és rebre els pacients un cop han sortit de quiròfan, estabilitzar-los i atendre'ls fins que es considera que estan aptes per pujar a planta. Depèn de l'hospital aquesta unitat està dintre de la zona de quiròfans i, per tant, en la zona gris. En altres casos, situen aquesta unitat fora del bloc quirúrgic.
- Unitat de Recuperació Post-Anestèsica (URPA) [3]: En aquesta zona és on es porta el pacient immediatament surt del quiròfan per tindre les seves constants controlades i controlar la seva recuperació fins que el pacient desperta de l'anestèsia.

3.2. Quiròfan

El quiròfan és el lloc que està destinat per fer intervencions de tipus quirúrgic [4]. Aquestes zones han de ser àrees netes restringides al trànsit i separades de les àrees contaminades.

Aquestes sales, han de gaudir d'un bon filtratge i d'un sistema de pressions que aconseguixi crear una pressió positiva dintre del quiròfan que eviti la introducció d'agents patògens a la sala neta.

Cal tindre en compte, que abans d'accedir aquesta sala cal haver dut a terme una correcta desinfecció de mans per part dels professionals, de la mateixa manera que serà necessari accedir amb roba esterilitzada per tal d'evitar la contaminació de la zona blanca i zona grisa.

Per altra banda, els quiròfans tenen contigu la sala de rentat de mans per a poder realitzar la correcta desinfecció de les mans dels professionals que treballaran durant la intervenció i, per a que d'aquesta manera, el desplaçament sigui ràpid i amb menys probabilitats de contaminació des de l'àrea de rentat al quiròfan.

En els quiròfans de braquiteràpia com és el cas del present projecte, es requereix que hi hagi una sala de control i vigilància del pacient contigua a la sala d'intervenció, ja que si hi hagués una emergència hi hauria d'haver una ràpida interrupció del tractament.

3.3. Administració

La sala d'administració està dintre del bloc quirúrgic i està considerada zona gris ja que està dintre del bloc però no dintre de la zona d'intervenció.

Aquesta zona està condicionada per a que els treballadors professionals de la salut com son metges o infermeres tinguin ordinadors per estudiar els casos abans de la intervenció o per portar un control de les operacions realitzades. Així doncs, dintre d'aquesta sala hi ha escriptoris amb ordinadors habilitats per dur a terme la feina de seguiment.

El disseny d'aquesta sala està fora del abast d'aquest projecte, tot i que es important saber la definició per a l'hora de fer els plànols del bloc quirúrgic.

3.4. Subministraments

Aquesta sala consta d'estanteries amb tots els elements i medicacions per al tractament dels pacients, és a dir, des de gases per fer cures fins a elements per anestesiari al pacient.

Així doncs, de la mateixa manera que la sala d'administració, el disseny d'aquesta sala està fora del abast d'aquest projecte, tot i que es important tenir-lo en compte en el moment de fer els plànols del bloc quirúrgic.

3.5. Magatzem d'equips mèdics

De la mateixa manera que existeix una sala d'emmagatzemat dels subministraments mèdics, depèn del bloc quirúrgic i del tipus de equipaments que s'utilitzi, serà necessari una sala per emmagatzemar els equipaments quan no siguin útils. Alguns casos en que pot ser necessària la sala d'emmagatzematge d'equipament mèdic, es quan per exemple, els respiradors no son necessaris a la URPA, els desfibril·ladors no s'hagi d'utilitzar, o monitors de trasllat que no siguin requerits en el moment.

El disseny d'aquesta sala està fora del abast d'aquest projecte, tot i que es important tenir-lo en compte en el moment de fer els plànols del bloc quirúrgic.

3.6. Vestuari i zona de descans

Aquestes sales s'han de tindre en compte durant el desenvolupament del projecte ja que els vestuaris són la zona on els treballadors accedeixen de la zona bruta a la zona grisa dels quiròfans. En aquest espai, es fa necessari que els treballadors es canviïn i es vesteixin amb roba esterilitzada ja sigui *d'usar i tira* o reutilitzada però anteriorment esterilitzada per un servei especial de rentat de uniformes quirúrgics. En aquesta sala estaran els lavabos i hi haurà una zona amb bancs i taquilles per deixar la roba.

Per altra banda, no cal oblidar que els treballadors necessiten les seves corresponents hores de descans i per poder dur a terme una millor feina. Per aquesta raó hi ha d'haver una zona condicionada per al descans dels treballadors on hi haurà una taula per a poder menjar i un sofà per a poder descansar.

Aquestes sales, també es troben fora del abast del present projecte, tot i que, es important tenir-les en compte a la hora de dur a terme el disseny del bloc quirúrgic.



4. Bioseguretat

La bioseguretat és el conjunt de mesures preventives que s'estableixen per tal de protegir la salut i la integritat física dels pacients i treballadors dels quiròfans i, del entorn i mediambient d'aquest [5]. Actualment, existeix una classificació de patògens per grups de risc, així doncs, depenent del microorganisme parlarem d'un tipus diferent d'agent biològic. Els grups són els següents [6]:

- Agent biològic de grup 1: Poc probable que causi una malaltia a la persona.
- Agent biològic de grup 2: És el tipus de microorganisme que pot causar una malaltia a la persona i suposar un perill per als treballadors, sent poc probable que es propagui i, per el que hi ha, per altra banda, un tractament eficaç.
- Agent biològic de grup 3: L'Agent biològic que trobem en aquest grup és aquell que pot causar la malaltia greu de la persona i presentar un perill seriós per als treballadors, ja que hi ha risc de que es propagui a la col·lectivitat. Cal senyalar, que per aquest existeix un tractament eficaç.
- Agent biològic del grup 4: És el tipus de agent que pot causar una greu malaltia a la persona, suposa un perill seriós als treballadors ja que hi ha grans possibilitats de que es propagui i, a més a més, no hi ha tractament eficaç i pot haver fins i tot perill de mort.

4.1. Principis bàsics de la bioseguretat

La bioseguretat segueix els següents principis [5]:

- Universalitat: Aquest principi es basa en que les mesures que es realitzin incloguin a tots i a tothom, és a dir, ha de involucrar als pacients de tots els serveis. Tot el personal ha de seguir les precaucions estàndards per prevenir la exposició de la pell i membranes mucoses per evitar qualsevol situació de contagi.
- Ús de barreres: Per tal d'evitar l'exposició directe a qualsevol mostra orgànica o potencialment contaminant s'han d'utilitzar materials o barreres per tal d'evitar el contacte i, per tal, qualsevol tipus de risc de contaminació.
- Mesures d'eliminació del material contaminat: Són les mesures i procediments que s'apliquen als materials utilitzats per tal d'evitar riscos de contagi als operadors i a la comunitat.

- **Avaluació de riscos:** Els el procés en el que s'avaluen la probabilitat de que hi hagi danys, ferides o infeccions al quiròfan. Aquesta avaluació ha de ser efectuada per el personal responsable de la bioseguretat. Una vegada identificat el nivell de risc s'ha de formular un pla de mitigació.

4.2. Elements bàsics de la bioseguretat

Per tal d'aconseguir un nivell correcte de bioseguretat en el quiròfan, s'han d'efectuar una sèrie de barreres i elements bàsics per tal de aconseguir que no hi hagi contaminació de l'espai. Aquestes són [5]:

- **Pràctiques de treball:** Tracta de normalitzar les pràctiques de seguretat que han de dur a terme els treballadors per reduir riscos al estar en contacte amb el pacient.
- **Equip de seguretat (barreres primàries):** Són dispositius o aparells que garanteixen la seguretat com per exemple els equips de protecció personal com són el guants, calçat, mascaretes, d'entre altres.
- **Disseny i construcció de la instal·lació (barreres secundàries):** Aquestes barreres secundàries dependran de l'avaluació del risc que s'hagi fet.

4.2.1. Barreres primàries

Les barreres primàries que s'han de portar depenen de l'àrea del quiròfan en la que ens trobem, és a dir, si es àrea gris o àrea blanca. En l'àrea gris trobem que de barreres primàries que s'han d'utilitzar són:

- Rentat de mans antisèptic
- Ús d'uniforme estèril
- Ús de guants (si entrem en contacte amb el pacient)
- Gorra estèril
- Peücs estèrils o calçat esterilitzat

En l'àrea blanca trobem, que són necessàries les següents barreres:

- Rentat de mans quirúrgic
- Ús de guants estèrils
- Ús d'uniforme esterilitzat
- Mascaretes estèrils
- Gorra estèril

- Peücs estèrils o calçat esterilitzat
- Bata esterilitzada

4.2.2. Barreres secundàries

Com a barreres secundàries, és a dir, barreres establertes en la part del disseny i estructura del quiròfan, trobem que els quiròfans tenen dues portes, la de entrada de la zona neta i la porta d'accés a la zona bruta, per tal de que l'equip contaminat vagi directament a la zona bruta i no contami ni la zona neta.

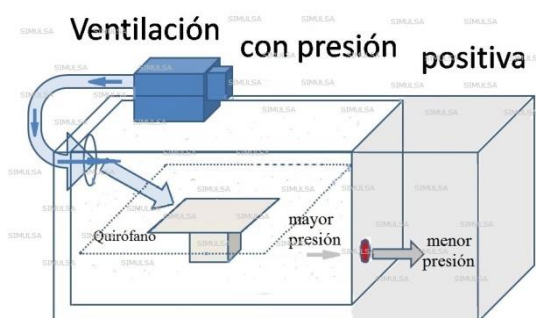
A més a més, per accedir al quiròfan els treballadors només podran accedir de manera que hagin de passar pels vestuaris i posar-se l'uniforme esterilitzat. Per altra banda, l'entrada de pacients serà mitjançant els transfers, els quals passaran el pacient amb una llitera de manera ràpida i per un espai reduït per tal d'evitar que entrin agents patògens dintre de la zona neta dels quiròfans.

Altres mecanismes que s'utilitzen com a barreres estructurals són:

Pressió positiva

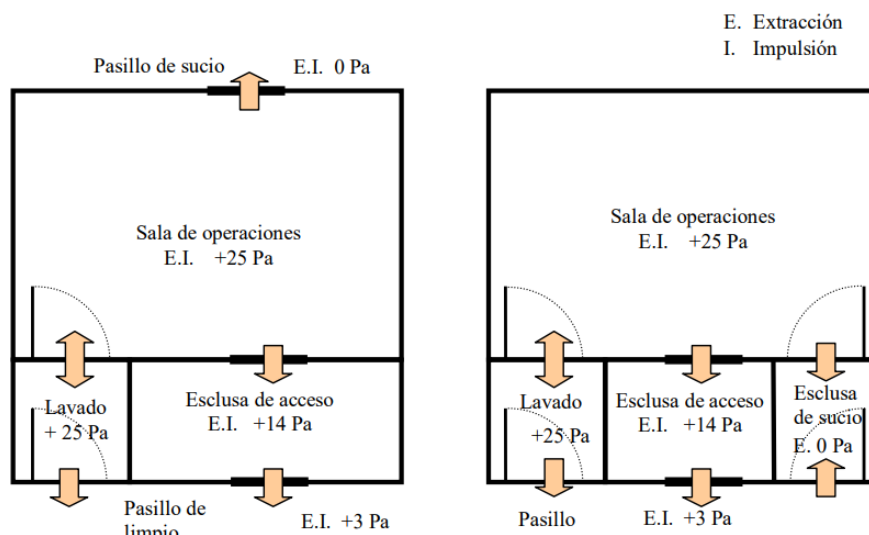
Per crear la pressió positiva en un quiròfan, es necessita un bon sistema de ventilació, el qual s'ocupa d'injectar aire net per tal d'anar escombrant l'aire, retirar qualsevol partícula que pugui ser contaminant, i tanmateix, controlar la temperatura i la humitat de la sala.

La ventilació, així doncs, ha de cobrir les necessitat clíniques i proporcionar les condicions higièniques adequades per tal de protegir als pacients i als professionals, i a la vegada realitzar un tractament tèrmic del ambient. En la Il·lustració 4.1 es pot observar un petit esquema de la ventilació de pressió positiva.



Il·lustració 4.1. Esquema ventilació amb pressió positiva al quiròfan [7].

Mitjançant el control del sentit del flux d'aire s'aconsegueix que d'aquesta manera el moviment d'aire de les zones menys netes a les que més es minimitzi. Tal com es pot observar en la Il·lustració 4.2 les sobrepressions que interessa que hi hagi al quiròfan és de +25 Pa i la resta del bloc quirúrgic és de +3 Pa[8].



Il·lustració 4.2. Esquema flux d'aire en diferents tipus de quiròfan [8].

Per aconseguir aquestes diferències de pressions hi ha dos procediments que es poden seguir, que són, per una banda, mitjançant comportes de sobrepressió i estabilitzadors de pressions els quals treballen en un únic sentit, permeten que es dirigeixi l'excés d'aire cap a la zona desitjada i ajuden a mantenir les diferències de pressions i, per altre banda, amb el control de les velocitats de gir dels ventiladors d'impulsió i extracció, es a dir, controlant els caudals d'entrada i sortida d'aire.

Depenent de la classificació del quiròfan, tal i com podem observar en la taula 4.1, les exigències de la qualitat de l'aire canvien, un quiròfan per aplicacions radiològiques formaria part del tipus de quiròfan A, es a dir, aquell que són de cirurgia especial o d'alta tecnologia.

Tipus	Denominació	Aptes per	Norma europea
A	Quiròfans de cirurgia especial o d'alta tecnologia	Transplantaments d'òrgans, cirurgia cardíaca, cirurgia vascular amb implants, cirurgia ortopèdica amb pròtesis, neurocirurgia, etc.	H1a
B	Quiròfans convencionals	Cirurgies convencionals i d'urgència i resta	H1c

		d'operacions quirúrgiques	
C	Quiròfans de cirurgia ambulatoria	Cirurgia ambulatoria i sales de parts	H1c

Taula 4.1. Classificació dels quiròfans segons *normativa*.

Així doncs, els quiròfans tipus A i B han de tindre un caudal d'aire exterior superior a $2400\text{m}^3/\text{h}$ i 20 renovacions per hora, tot i que, en els quiròfans tipus B la totalitat de l'aire impulsat serà procedent del exterior. Per altra banda, els quiròfans de cirurgia ambulatoria, es a dir, el tipus C impulsaran un mínim d'aire exterior de $1200\text{ m}^3/\text{hora}$. Per tal d'ajudar a la sobre pressió de la zona neta, la zona bruta no tindrà impulsio d'aire sinó que només contarà amb extracció. La resta del bloc quirúrgic, és a dir, la zona gris, contarà amb una impulsio de $15\text{ m}^3/\text{h}$ per cada m^2 de superfície.

Filtratge i tractament de l'aire

El tractament de l'aire a quiròfan té un paper molt important ja que preveu infeccions durant les operacions, el control de càrregues tèrmiques, la reducció de concentració de gasos i, per últim, fa un manteniment del clima per tal de que hi hagi una bona comoditat a quiròfan[9].

El bloc quirúrgic està classificat com local de classe I i, per tant, s'han de realitzar tres nivells o etapes de filtració de l'aire. En la Taula 4.2 podem observar el nivell de filtració amb la classe de filtre i la normativa que compleix[10].

Nivell de filtració	Classe de filtre	Norma UNE
1º	M5	EN 779:2013 [11]
2º	F9	EN 779:2013 [11]
3º	H13 en general y H14 en quiròfans tipo A	EN1822-1:2010 [12]

Taula 4.2.Tipus de nivel de filtració que han de seguir els quiròfans.

El primer i el segon nivell corresponen a una filtració de pols fi. El primer pertany a un filtre M5, és a dir, a un filtratge d'eficàcia mitjana d'un 40 al 60% i el segon nivell de filtració correspon a un filtratge F9 amb una eficàcia mitjana del 90 al 95 %. Tant el primer com el segon, treballen filtrant partícules majors o iguals a $0,4\text{ }\mu\text{m}$ [13].

El primer filtre es col·locarà dintre de la unitat climatitzadora, es a dir, a l'entrada de l'aire i abans de la secció de bactèries. El segon, en canvi, es col·locarà després de la unitat de tractament de l'aire i al començament del conducte d'impulsió sent així l'últim element de la unitat climatitzadora.

Tal com s'observa en la taula 4.2, el tercer nivell de filtració serà d'un filtre H13 o H14 depenent del tipus de quiròfan que tractem segons la classificació de la taula 4.1. ja que el filtre H13 té una eficàcia de filtració d'un 99,97% i, en canvi, el filtre H14 té una eficàcia del 99,99% en partícules majors o iguals a $0,3 \mu\text{m}$. Aquest filtre es col·locarà el més pròxim a les sales que volem climatitzar i, en el cas dels quiròfans aquests són els filtres terminals[14].

Temperatura

La temperatura de l'interior del quiròfan ha de ser aproximadament de 22°C amb una oscil·lació de $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Aquest sistema ha de ser monitoritzat i s'ha de calibrar periòdicament.

Respecte la temperatura d'impulsió, en els quiròfans de tipus B i C, segons la classificació que hi ha en la taula 4.1., la diferència entre l'aire impulsat i la temperatura del quiròfan no ha de superar els 10°C a l'hivern (condició de escalfament) ni els 7°C a l'estiu (condició de refredament). En canvi, en els quiròfans de tipus A la diferència de temperatura es redueix significativament ja que hi ha un gran volum d'aire recirculant. A més a més, aquest aire incideix directament a la taula d'operacions per lo que la diferència de temperatura entre l'aire d'impulsió i el de retorn serà inferior a 2°C [8].

Humitat

La humectació té com a objectiu mantenir un percentatge adequat d'humitat relativa dintre del quiròfan i conseqüentment d'aquesta manera eliminar càrregues electrostàtiques i minimitzar la proliferació de microorganismes.

Els nivells adequats d'humitat relativa al quiròfan han d'estar dintre del rang de 40 - 60%, per tant, el punt d'ajustament pel control de la humitat s'hauria de situar al voltat d'un $55\% \pm 5\%$. En el cas de fer servir gasos anestèsics inflamables la humitat s'ha de mantenir com a mínim en un valor del 50%[6].

En la Taula 4.3, es pot veure els valors i paràmetres que s'han de tindre en compte depenent de la classificació del quiròfan [8].

	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Flux d'aire	Unidireccional (laminar)	Per dilució (turbulent)	Per dilució (turbulent)

Caudal d'aire exterior	>20 ren/h >2400 m ³ /h	>20 ren/h >2400 m ³ /h	>10 ren/h >1200 m ³ /h
Aire recirculat	Sí	No	--
Velocitat de l'aire (m/s)	<0,2	0,2-0,3	0,2-0,3
Temperatura de disseny (°C)	18-26	22-26	22-26
Filtres	M5/F9/H14	M5/F9/H13	M5/F9/H13
Partícules	ISO 6	ISO 7	ISO 7
Pressió	+20 a +25	+20 a +25	+20 a +25
Humitat relativa (%)	40-60	40-60	40-60
Nivell sonor (dBA)	40	40	40

Taula 4.3. Tipus de filtració que han de seguir els quiròfans.

4.3. Protocols de neteja

Tal i com podem suposar, la neteja dels quiròfans és un element bàsic per minimitzar i prevenir les infeccions nosocomials tant per part del pacient com per part de l'equip quirúrgic. Existeixen tres tipus de neteja especialitzada que s'ha de dur a terme per una correcta bioseguretat als quiròfans. Els diferents tipus de neteja que s'han de dur a terme són [15]:

- **Neteja de quiròfan:** Aquest espai ha de ser un dels espais més nets que hi ha en una instal·lació sanitària. Es recomana segons la CDC (*Centre for Disease Control*) que es faci una neteja integral del quiròfan cada 24 hores, inclús si no s'ha fet servir. Aquesta neteja ajuda a disminuir riscos de contaminació de microorganismes o bacteries i, d'aquesta manera a controlar l'extensió d'infeccions als pacients. La neteja integral s'ha de dur a terme a les sales de quiròfans, a la zona de rentat de mans i a locals de recolzament associat als quiròfans.

També s'ha de tindre en compte de s'ha de netejar les làmpades quirúrgiques, tot el mobiliari, l'equipament mèdic, les manetes de les portes, les reixes de ventilació, les superfícies horitzontals i el sòl. S'ha de realitzar un llistat d'elements a netejar i un protocol específic per tal de garantir la bona neteja dels quiròfans.

- Neteja d'equips: L'instrumental i subministraments quirúrgics com poden ser endoscòpies i broncoscòpies, han de estar netejades apropiadament, ja que poden transmetre infeccions a pacients o al personal. Per assegurar que hi ha una correcta neteja cal seguir els següents procediments:
 - Definir l'equipament i els subministraments que s'han de netejar/desinfectar/esterilitzar dels que són d'un sol ús.
 - Definir quan, amb quina freqüència i com s'han de netejar.

Cal tindre en compte que l'equipament mèdic s'ha de netejar abans i després de fer-se servir. Existeixen quatre tipus de neteja que poden servir per eliminar la brutícia i els agents patògens. La classificació és la següent:

- Neteja: Consisteix en l'eliminació de la pols visible, residus o qualsevol material visible, que poden provocar que els microorganismes proliferin. Aquesta neteja es fa mitjançant aigua calenta i detergent.
- Descontaminació: Tracta d'eliminar els organismes que produeixen malalties i fa que l'ús de l'equip sigui segur.
- Desinfecció: Destruïx la majoria dels organismes que produeixen malalties però no les formes esporulades, és a dir, aquelles bacteris amb capacitat de formar espores. Hi ha tres nivells de desinfecció que són, l'Alta la qual destrueix tots els organismes menys les espores bacterianes, el mitjà que destrueix la majoria de bacteris i virus menys els micobacteris, i el baix que destrueix alguns virus i bacteris.
- Esterilització: Aquest tipus de neteja destrueix tota forma de vida microbiana, incloent bacteris, virus, espores i fongs. Existeixen diferents tècniques d'esterilització com el òxid d'etilè, l'ozó, vapor i plasma, d'entre altres. L'esterilització d'alguns equips s'ha de fer mitjançant unitats d'esterilitzacions dissenyades per empreses com per exemple Matachana, empresa líder en el sector de l'esterilització, els quals realitzen l'esterilització dels equips amb autoclau, és a dir, amb vapor.
- Neteja del tèxtil: Hi ha una gran demanda de rentat de tèxtil ja que es genera una gran quantitat de roba bruta en el quiròfan. Per tal d'eliminar els microorganismes patògens es recomana per una part, un rentat de 25 minuts a 60°C amb lleixiu i, per una altra part, que la roba neta no s'emmagatzemi a menys de 15 cm del terra.

5. Estructura i equipament bàsic d'un quiròfan

Un quiròfan ha de complir amb una sèrie de característiques tant sigui de tipus estructural com el revestiment de parets, el tipus de porta, el tipus de terra, etc. com de tipus d'equipament bàsic que acostumen a tindre tots els quiròfans.

S'ha de senyalar però, que no té per què ser necessari tot el equipament esmentat a continuació, ja que, cada quiròfan té les seves necessitats.

5.1. Característiques estructurals d'un quiròfan

Com a principals característiques estructurals que hauria de tenir un quiròfan es troba que [16]:

- **Dimensions:** Les mides ideals d'un quiròfan serien de 35 a 60 m². Ja que menor a aquestes dimensions podria ser petit per a la correcta execució i moviment del personal i més gran seria poc pràctic.
- **Portes:** Han de ser de tipus corredisses per eliminar qualsevol tipus de moviment d'aire, tot i que no deuen entrar dins de la paret. Hi ha d'haver dos portes (no poden obrir-se simultàniament) la porta que condueix a la zona neta i la que condueix a la zona bruta per evitar possibles contaminacions quan l'equipament ja s'ha estat fet servir.
- **Parets i sostres:** Els sostres han de ser llisos, i absorbents al soroll. Les vores han de ser una mica arrodonides per tal de una millor neteja i desinfecció del quiròfan. No han de tindre finestres a l'exterior, i en el cas de que n'hi haguessin haurien de estar segellades hermèticament. Les parets han de ser revestides per un material llis, anti-inflamable i amb material impermeable.
- **Sòl:** Ha de ser antiestàtics per dissipar possibles corrents elèctriques causades pels equips i personal de quiròfan. D'aquesta manera, es pot prevenir l'acumulació de càrregues electrostàtiques en llocs que podrien ser perillosos perquè s'utilitzen materials inflamables, com per exemple, material de l'equip d'anestèsia.

Ha de ser, per altra banda, un material pla, impermeable, inalterable i resistent. No hi ha d'haver sòcol ja que no hi hauria una correcta esterilització de les cantonades i, tanmateix, la junta de la paret amb el terra també ha de ser arrodonit.

- **Connexions de gasos medicinals:** Aquestes connexions tenen selectivitat de connexió, és a dir, cap receptor o consumidor d'un gas determinat es podrà connectar a una connexió que no subministri el seu gas.

La connexió té un obturador, es a dir, un dispositiu que regula l'entra y sortida del gas, que tanca el subministrament automàticament quan es treu el connector. Les connexions poden ser encastades, vistes o per capçal amb caixes amb el nom del gas, símbol i color convencional, preparades per a la connexió a terra en àrees crítiques. Els colors que s'utilitzen per normativa segons el gas son els que es mostren en Ta taula 5.1 [17]:

Gas	Color
Buit	Blanc
Gasos medicinals	groc
Oxigen	verd
CO ₂	Negre
Nitrogen	Blau

Taula 5.1. Tipus de classificació del tipus de gas i color segons normativa [17].

5.2. Equipament bàsic

L'equipament bàsic del qual ha de estar dotat un quiròfan en principi, sigui l'especialització que sigui, és principalment el que s'explica en els apartats següents.

Cal tindre en compte, que el quiròfan que es dissenya en aquest cas, és de braquiteràpia, per tant, no es fa necessari tindre tot l'equipament descrit a continuació ja que pel tipus d'intervenció que es realitza no es requereix.

5.2.1. Taula Quirúrgica

La taula quirúrgica ha de ser estable i confortable [18], és a dir, ha de tindre un encoixinat estable i una base electrohidràulica o hidràulica depenent del tipus de taula [19]. Les dimensions d'una taula universal ronden aproximadament les següents mides [20]:

- Longitud: 2070 mm
- Amplitud: 550 mm
- Rodes (dobles): Ø125mm
- Voltatge principal: 230 V

Com a límits d'ajustament i, per tant, de rotació són els següents:

- Alçada (sense matalàs): 650 mm-1010 mm
- Trendelenburg¹/Anti trendelenburg: 30º/30º (o 35º/25º)
- Inclinació lateral (dreta/esquerra): 17º/17º
- Secció d'esquena (a dalt/a baix): 70º/35º
- Secció cames (a dalt/a baix): 90º/90º

5.2.2. Torretes

Aquests elements són els que permeten col·locar o penjar el material utilitzat durant la intervenció, deixant d'aquesta manera el sòl lliure. Aquestes torretes, actualment estan dotades de grans moviments per una major comoditat en les intervencions i es duen a terme amb sistemes d'aire comprimit [21].

Aquestes torretes, són especialment útils en operacions d'endoscòpia, ja que els equips endoscòpics necessiten de molts equips com són l'equip que controla la llum, l'equip que controla la càmera, etc.

En el present projecte no s'instal·len ja que no es necessari pel tipus d'operacions que es realitzen, tot i que, no es descarta que per a major comoditat instal·lar una torreta amb connector de corrent.

5.2.3. Il·luminació

Les làmpades quirúrgiques són dispositius que emeten una llum la qual il·lumina el camp quirúrgic per un temps prolongat, per una visualització òptima dels objectes petits i de baix contrast en profunditats variables o incisions petites. Els diferents tipus de làmpades que es poden trobar són els següents:

¹ Tracta de posar la persona en decúbit supí, és a dir, el cap més avall dels peus facilitant amb l'efecte de la gravetat el retorn de la sang de la vena cava al cor.

- Làmpades il·luminaries: Normalment les làmpades tenen reflector perifèric. Aquest tipus d'equips han de tindre una bombeta de recanvi o d'emergència per tal de fer una substitució automàtica per tal de que no afecti la intensitat lluminosa o a la qualitat de la il·luminació en cap moment.
- Làmpada multifocal: En aquest tipus la llum s'enfoca en un lloc específic per maximitzar la il·luminació a l'àrea desitjada.
- Làmpada quirúrgica portàtil: El tipus portàtil es utilitzada per il·luminar el camp quirúrgic en cas de suspensió del subministrament d'energia elèctrica de corrent alterna. Aquests models compten amb una bateria recarregable la qual ha d'assegurar el correcte funcionament com a mínim durant 3 hores.

Cal tindre en compte, que la il·luminació general del quiròfan ha de ser d'uns valors de 500-1000 lux aproximadament [22] i amb una combinació de fluorescents blancs i blaus per crear una il·luminació adient per observar teixits, tot i que, aquesta il·luminació s'acostuma a apagar al començament de la intervenció, deixant pas les làmpades quirúrgiques.

5.2.4. Equip d'anestèsia

L'equip d'anestèsia és aquell que serveix per administrar gasos medicinals y anestèsics al pacient durant l'operació amb ventilació espontània o controlada. Els gasos més utilitzats per anestesiarse són l'òxid nitrós, l'aire (combinació d'oxigen i nitrogen) i el nitrogen.

Un equip d'anestèsia consta de 4 parts principals, les quals podem observar en la Il·lustració 5.1 [23]:



Il·lustració 5.1. Parts d'un equip d'anestèsia [23].

- Monitor: Aquesta part, controla les constants vitals del cor com per exemple el ECG, freqüències cardíques i pressió arterial, les constants pulmonars com per exemple saturació d'oxigen, oximetria de puls i la concentració de l'agent anestèsic i, per últim, també controla altres constants com per exemple la temperatura corporal.

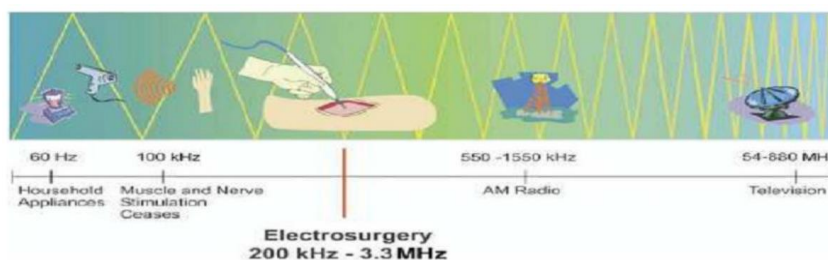
- Fluxòmetre: Controla les quantitats del gas en moviment.
- Vaporitzador: La funció del vaporitzador és proporcionar la vaporització dels líquids volàtils. Aquest forma part del sistema que fa que l'agent anestèsic líquid es transformi en volums precisos i controlables de vapor anestèsic.
- Canister [24]: és la zona per on es fa la emissió de vapors.

El sistema de respiració de l'equip d'anestèsia consta de la connexió entre on s'aporta el gas i l'equip d'anestèsia. Aquest circuit es divideix en 3 parts:

- Insuflació: La qual és l'administració dels gasos anestèsics a la cara del pacient. El problema d'aquest sistema és que no es controla la concentració de gas inspirat ni la profunditat d'anestèsia d'aquest.
- Circuit circular: Aquest conjunt és el circuit principal el qual permet conduir la mescla de gas fresc procedent del sistema d'aportació de gasos fins al sistema respiratori del pacient i evacuar els gasos expirats. Els components del circuit són: tubs respiratoris, vàlvules unidireccionals i bossa de respiració absorbent de CO₂.
- Circuit de Mapleson: És el circuit de reanimació que no compta amb sistema d'absorció de CO₂. Els components del circuit són: Tub respiratori, entrada de gas fresc, vàlvula de pressió i bossa reservoria.

5.2.5. Electrobisturís

Els electrobisturís són aparells d'alta freqüència (HF) que permeten realitzar procediments quirúrgics com per exemple tallar o coagular teixits biològics amb l'aplicació d'una corrent d'alta freqüència. L'espectre de freqüència amb el que treballa l'electrobisturí és entre 200kHz i 3,3 MHz, tal i com es pot observar en la Il·lustració 5.2.

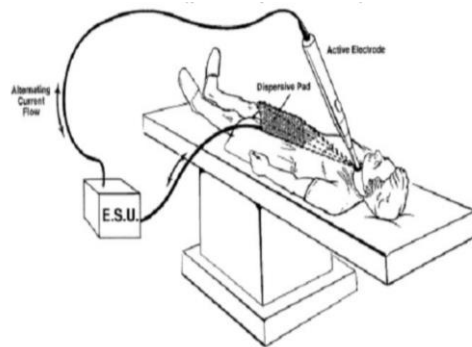


Il·lustració 5.1. Espectre de freqüència de treball dels electrobisturís.

El principi físic del funcionament dels electrobisturís es basa en fer circular una corrent d'alta freqüència i intensitat moderada o elevada entre dos elèctrodes aplicats al cos. Aquesta corrent genera una calor la qual ens permet tallar o coagular el teixit d'interès[25].

Biològicament, la calor actua sobre els teixits cel·lular de manera que incrementa la temperatura d'aquestes i provoca una desnaturalització de les proteïnes i l'evaporació dels líquids intra i extra cel·lulars. Depenent de la calor administrada es realitza un tall o coagulació.

El esquema bàsic dels circuit d'un electrobisturi es pot observar en la Il·lustració 5.3:



Il·lustració 5.3. Esquema bàsic del circuit de l'electrobisturi [25].

Així doncs, les parts bàsiques són:

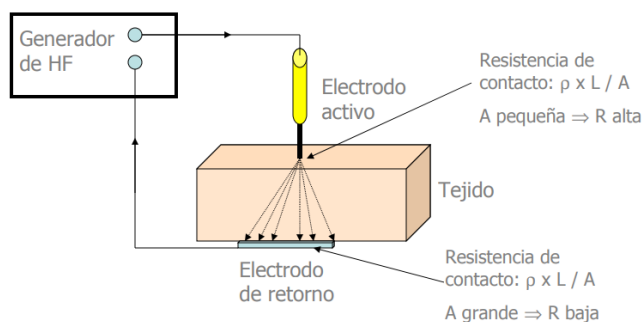
- Generador de HF: Aquesta part, és l'equivalent a la part de l'equipament de l'electrobisturi on es genera les altes freqüències.
- L'elèctrode actiu: Aquest elèctrode és conegut com el llapis que és el que produeix el tall o la coagulació ja que entrega gran quantitat de corrent i, per tant, de calor amb una àrea de contacte molt petita.
- L'elèctrode de retorn: que és l'elèctrode que es fa servir per tancar el circuit. Aquest elèctrode ha de ser molt gran ja que ens interessa que la calor no es concentri en un únic punt, sinó que es dissipi.

Tanmateix, les diferències entre les formes d'ona, per tal, de produir un tall i no coagulació, o viceversa, són les següents:

- El tall es produeix amb una ona sinusoïdal on la tensió de pic no es gaire elevada (600 Vp) i l'interval de potències és de 0 a 300 W.
- La coagulació, en canvi, modula l'amplitud a la forma d'ona de tall però reduint-la al seu cicle actiu. L'interval de potències és de 0 a 120 W.
- Blend, el qual és un efecte mixt entre tall i coagulació. Aquest es produeix de manera que el cicle actiu o de treball es major que el de coagulació però menor que el de tall. L'interval de potències és de 0 a 200W.

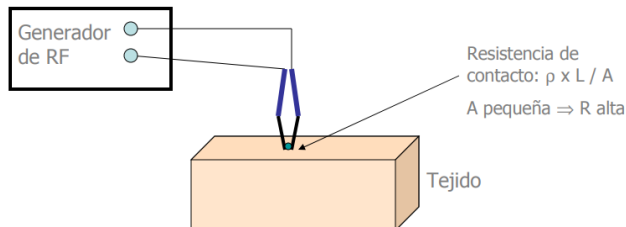
A més a més, trobem dos tipus diferents de modes d'entrega de potencia, el mode monopolar i el bipolar, tal i com s'observa en les Il·lustracions 5.4 i 5.5.

- El mode monopolar, el qual fa servir un elèctrode gran de superfície i un altre petit, és a dir, el elèctrode actiu i l'elèctrode de retorn. En el punt de contacte de l'elèctrode actiu, la densitat de corrent és elevada, provocant així el tall, coagulació o blend en el teixit.



Il·lustració 5.4. Esquema circuit de mode monopolar del electrobisturis [25].

- El mode bipolar, és el cas en el que la corrent s'aplica amb un elèctrode actiu que té dos puntes, com per exemple d'una eina tipus pinça o tisores. Aquest tipus de mode es utilitza per segella vasos o per aplicacions endoscòpiques.



Il·lustració 5.5. Esquema circuit de mode bipolar del electrobisturis [25].

5.2.6. Equips de monitoratge.

Els monitors són els equips mèdics que ajuden a tindre els pacients monitoritzats i controlats durant l'operació. Aquests són pantalles de grau mèdic que també es poden connectar a altres equips per tal de veure amb més claredat les imatges que s'obtenen [26].

Hi ha uns altres tipus de monitors multiparamètrics que són els que s'utilitzen durant la recuperació post-anestèsica. Normalment, aquests mostren les constants vitals com [27]:

- Electrocardiograma, per controlar l'activitat del cor.
- SpO_2 .
- Pressió invasiva.

- Pressió no invasiva.
- Freqüència respiratòria, especialment quan el pacient està anestesiàt.
- Temperatura.

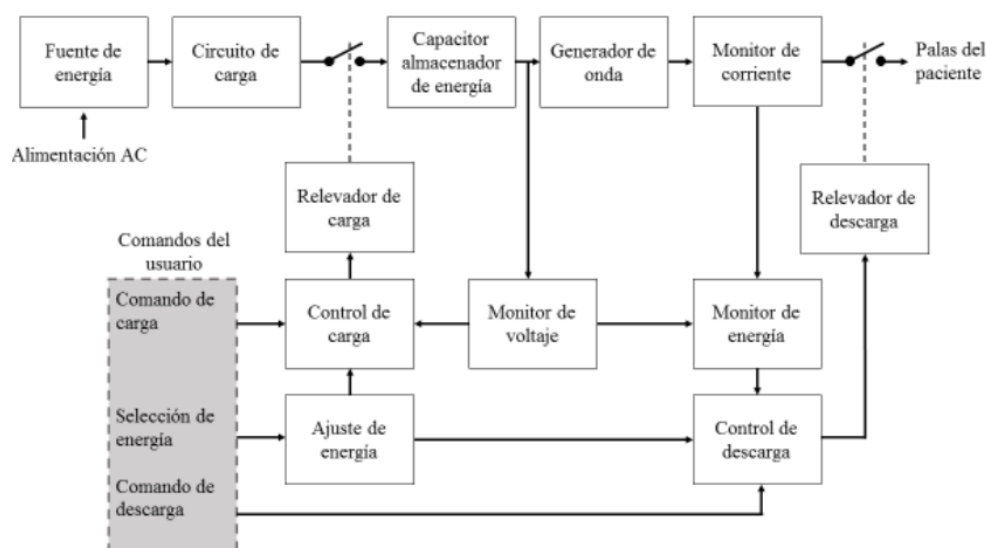
5.2.7. Desfibril·lador

Els desfibril·ladors s'utilitzen per subministrar impulsos de descàrrega elèctrica a través del múscul cardíac a un pacient que es trobi en fibril·lació ventricular, és a dir, que les fibres musculars ventriculars no s'estiguin contraient sincronitzadament per tal de retornar al ritme normal i que li permeti seguir bombejant sang amb normalitat [28].

El desfibril·lador durant la descarrega elèctrica el que provoca és que les fibres musculars es contreguin simultàniament creant així que les fibres tornin a respondre als impulsos fisiològics cardíacs normals. Per realitzar aquesta descarrega es necessari tindre un ECG per tal de detectar si cal o no realitzar la descàrrega.

Així doncs, la descàrrega es pot subministrar al cor de dos maneres. La primera és mitjançant pales o elèctrodes que es col·loquen al pit del pacient (desfibril·lador extern) i, la segona manera és amb elèctrodes que es col·loquen directament al cor (desfibril·lador intern).

Si es fa ús d'un desfibril·lador extern cal un major valor de voltatge dintre del rang d'un 50 a 400 J de descàrrega d'energia ja que s'ha de superar la impedància del cos i s'ha de permetre que la corrent passi a través del cor. En canvi, en els desfibril·ladors interns oscil·larien entre valors de 2 a 40 J. Per una banda, en la Il·lustració 5.6. es pot observar el diagrama de blocs del funcionament del desfibril·ladors. Per altra banda, en la Il·lustració 5.7. s'observa una imatge d'un desfibril·lador.



Il·lustració 5.6. Diagrama de blocs del funcionament del desfibril·ladors.



Il·lustració 5.7. Desfibril·lador amb les dues pales de descàrrega.

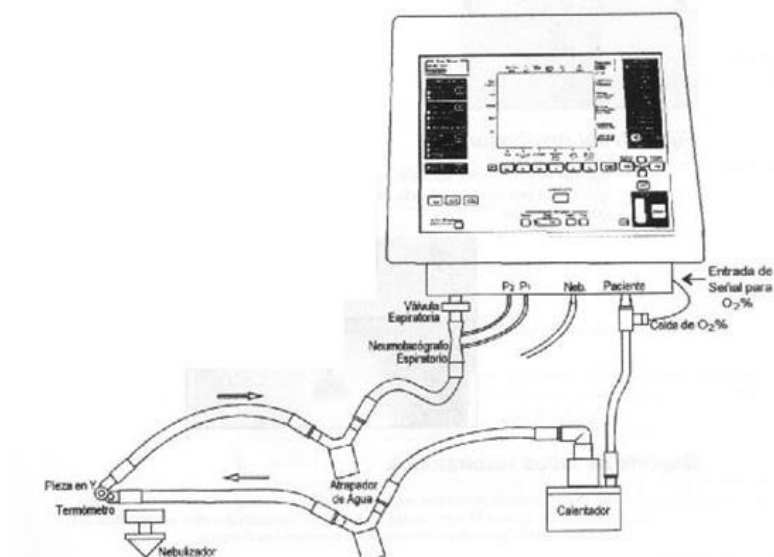
Cal senyalar que hi ha d'haver un desfibril·lador en cada quiròfan d'intervencions cardíques, però en cas de que la intervenció no sigui del cor, amb un per bloc quirúrgic n'hi ha prou.

5.2.8. Ventilador mecànic

Aquest equip, conegut comunament com respirador, està dissenyat per tal de moure aire a l'interior i a l'exterior dels pulmons creant així el mecanisme de respiració d'un pacient. Aquest mecanisme es fa servir sobretot per pacients crítics o com a part d'un equip anestèsic. El principi bàsic de funcionament es basa en una turbina o dipòsit compressible, una font d'aire o oxigen, un conjunt de vàlvules i tubs i un circuit del pacient. El dipòsit d'aire es comprimeix pneumàticament bastantes vegades per minut per tal de proporcionar aire o una mescla d'aire i oxigen al pacient [29].

Si es fa servir una turbina, aquest impulsa l'aire a través d'un ventilador i mitjançant una vàlvula de flux es va alliberant l'excés de pressió. Cal anar ajustant-la per tal d'obtenir la pressió que es vol i/o es necessita en cada situació. Amb aquest alliberament de pressió el pacient exhala passivament gràcies a l'elasticitat dels pulmons i després aquest aire surt per una altra vàlvula que permet el seu pas unidireccionalment.

Els respiradors actualment venen equipats amb sistemes de monitorització i d'alarma tant dels paràmetres del pacient com dels paràmetres que ha de complir l'equip per tal de dur la funció de ventilador. En la Il·lustració 5.8 es pot observar un esquema de funcionament d'un ventilador mecànic.



Il·lustració 5.8. Esquema d'un ventilador mecànic [30].

5.2.9. Ordinadors

En un quiròfan cal tindre en compte que s'han de realitzar tasques de control d'infermeria mentre dura la intervenció quirúrgica. Per aquesta raó, ha d'haver un ordinador dintre del quiròfan on es pugui anar apuntant la medicació administrada i que els procediments que s'han realitzat.

Aquest ordinador ha de ser de grau mèdic, assegurant que es puguin netejar amb els productes d'esterilització necessaris i, per altra banda, estructuralment no tinguin ventiladors ni sortides de ventilació que puguin suposar l'emmagatzematge de pols i d'agents patògens.

6. Radiacions ionitzants per ús hospitalari.

6.1. Conceptes bàsics de la radioactivitat

Per entendre bé com funcionen aquest equips, cal entendre que és la radioactivitat i com es forma. Dintre de la estructura de la matèria, és a dir, en els àtoms i molècules, trobem que les propietats químic-físiques de les substàncies depenen de les combinacions d'aquests. Per altra banda, cal recordar els tipus de partícules constituents de l'àtom, tal i com, es mostra en la taula 6.1 [31]:

Partícula	Massa	Càrrega
Electrons	$9,109 \cdot 10^{-31}$ Kg	$-1,602 \cdot 10^{-19}$ C
Protons	$1,673 \cdot 10^{-27}$ Kg	$1,602 \cdot 10^{-19}$ C
Neutrons	$1,675 \cdot 10^{-27}$ Kg	0,0 C

Taula 6.1. Classificació del tipus de partícules, massa i càrrega.

Per altra banda, la caracterització d'un nucli ve donada per el símbol A_ZX , on l'A és el número màssic (nombre de nucleons), Z correspon al número atòmic (nombre de protons o electrons) i X és el símbol de l'element.

Per tant, l'estructura atòmica d'una substància radiològica consta de l'embolcall electrònic, de 10^{-10} m, en el qual es troben els electrons, és a dir, la càrrega elèctrica negativa, i d'un nucli de 10^{-15} m – 10^{-14} m, on es troben els nucleons i, per tant, es concentra la càrrega elèctrica positiva i gairebé tota la massa.

La principal característica a destacar és la de l'estabilitat nuclear. Aquesta estabilitat està creada per la compensació per una banda entre les forces de repulsió, com són els protons y per l'altra banda, per les forces nuclears d'atracció. Els nuclis inestables així doncs, emeten partícules o radiació per tal d'arribar a la estabilitat.

Així doncs, l'estabilitat nuclear prové d'un compromís entre les forces nuclears i electromagnètiques, on els nuclis no estables poden emetre un o diversos tipus de radiació, aquests nuclis s'anomenen nuclis radioactius naturals. Existeixen diferents tipus de desintegracions, tal i com es pot observar en la taula 6.2 [31].

Tipus de Radiació	Formules de desintegració del nucli
Radiació Alfa	${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y_1 + {}^4_2He$
Radiació Beta	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y_1 + e^- + \bar{\nu}$ Procés β^-
	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y_2 + e^+ + \nu$ Procés β^+
Radiació gamma	${}^A_ZX^* \rightarrow {}^A_ZX + \gamma$

Taula 6.2.Tipus de radiació i fórmules de desintegració del nucli.

Actualment, existeix una llei fonamental de desintegració radioactiva, la qual s'utilitza per realitzar alguns càlculs sobre les característiques de la substància. Aquesta llei parla de quatre punts fonamentals:

- La radioactivitat és un fenomen aleatori que ve donat per la probabilitat que té un nucli de desintegrar-se en un interval de temps dt .
- Aquesta desintegració és independent de qualsevol influència externa, com pot ser la pressió, temperatura, d'entre altres.
- La constant de proporcionalitat, λ , anomenada *constant de desintegració radioactiva* i és característica de cada nucleïd i del tipus de desintegració: $P(dt) = \lambda dt$. Les dimensions de λ són inverses al valor del temps.

$$N_A(t) = N_A(0) \cdot e^{-\lambda dt}$$

Equació 6.1. Número de nuclis de la mostra en el instant de temps t ($N_A(t)$).

- El *període de semidesintegració o període*, T , el qual és el temps necessari per a que el nombre de nuclis radioactius es redueixi a la meitat. Aquest valor, pot durar des de dècimes de segons fins a milers d'anys.

$$N_A(t = T) = \frac{N_A(0)}{2}$$

Equació 6.2. Número de nuclis de la mostra en el període de semidesintegració ($N_A(T)$).

Per altra banda, un altre factor important és l'*activitat de la mostra* que es caracteritza pel nombre de desintegracions que es produeixen per unitat de temps. D'aquesta manera, si $N(t)$ és el nombre de nuclis radioactius en l'instant t en la mostra, l'activitat es regirà per les equacions 3.

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) = \lambda \cdot N(0) \cdot e^{-\lambda t}$$

$$A(t) = A(0) \cdot e^{-\lambda t}$$

Equació 6.3. Activitat d'una mostra en un instant de temps determinat $A(t)$.

Així doncs, l'activitat correspon al número de transformacions nuclears per unitat de temps, i les unitat que ho regeixen són els Bequereli (Bq) que és el número de transformacions per segon.

De forma simplificada la formula que marca l'activitat és la equació 6.4.:

$$A = N \cdot \lambda$$

Equació 6.4. Activitat d'una mostra de forma simplificada (A).

On λ correspon a la probabilitat de que un àtom es desintegri per unitat de temps i N al número d'àtoms de la substància radioactiva.

6.1.2. Característiques de les radiacions.

Els tres tipus de radiacions que existeixen són [31]:

- Radiació Alfa: Aquestes radiacions tenen un poder de ionització major, és de tipus corpuscular (nuclis d'heli), de càrrega positiva i de curt abast (5 cm en aire y uns 50 μ m en teixit) però deposita molta energia en un curt recorregut (alta densitat de ionitzacions 72000 parells/cm), per tant, té una elevada capacitat per produir efectes biològics.
- Radiació Beta: També és de tipus corpuscular (electró o positró), de càrrega elèctrica negativa (electró) i positiva (positró-aniquilació) i, té un abast bastant definit (10 m en aire i uns 10 mm en teixit), on deposita energia de manera quasi continua (densitat de ionitzacions menor que alfa 50 parells/cm).
- Radiació Gamma: Aquest tipus de radiació és de naturalesa electromagnètica (fotons), sense càrrega elèctrica, i té poques interaccions. Tot i que, en cada interacció perd una fracció molt important de la seva energia (indirectament ionitzant). L'energia emesa durant la radiació es absorbeix pel medi travessat. Aquesta transferència d'energia és la causa dels diferents efectes produïts per les radiacions. Les interaccions que es poden trobar amb els fotons són:

- Efecte fotoelèctric: Absorció total del fotó.

$$Fotó + e_{lligat}^- \rightarrow e_{lliure}^- + E_{fotó}$$

- Efecte de Compton: Dispersió del fotó i absorció parcial de l'energia.

$$Fotó + e_{poca}^- \rightarrow e_{lliure}^- + Fotó_{dispersat} + E_{menys}$$

- Creació de parell electró-positró: Energia mínima del fotó > 1,022 MeV

$$Fotó \rightarrow e_{lliure}^- + e_{lliure}^+$$

Per altra banda, l'energia absorbida és aquella que no surt després d'haver travessat la matèria. Aquesta energia es pot calcular mitjançant la següent fórmula, que és la diferencia entre l'energia entrant menys l'energia sortint.

$$E_a = E_e - E_s$$

Equació 6.5. *Energia absorbida després d'haver travessat la matèria (E_a).*

Un altre magnitud coneguda és la dosi absorbida, que es la quantitat de energia absorbida per kg de massa, les unitats d'aquesta dosi són els Gray (Gy) que equival a Joules/Kg.

$$D = \frac{E_a}{m}$$

Equació 6.6. *Dosi absorbida (I).*

6.1.3. Magnituds i unitats de protecció radiològica

Cal esmentar, que existeixen diferents tipus de dosi que afecten a la salut. Aquestes són [31]:

- Dosi absorbida (D): La dosi absorbida és la quantitat d'energia dipositada per unitat de massa (Gy=J/Kg).

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

Equació 6.7. *Dosi absorbida (II).*

- Dosi equivalent (H_T): Consta del valor de dosi absorbida però amb la corresponent ponderació degut al tipus de radiació (Sv=J/Kg).

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

Equació 6.8. *Dosi equivalent (H_T).*

- Dosi efectiva (E): La qual és la dosi que a més del factor de ponderació del tipus de radiació també es té present el tipus de teixit irradiat (Sv=J/Kg).

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

Equació 6.9. *Dosi equivalent (E).*

Això es degut a que no totes les cèl·lules tenen la mateixa probabilitat de generar la ionització. Els diferents valors de ponderació són els que s'observen a la taula 6.3:

Teixit o òrgans	w_T	Teixit o òrgans	w_T
Gònades	0,20	Fetge	0,05
Medul·la Òssia	0,12	Tiroides	0,05
Colon	0,12	Pell	0,01
Pulmó	0,12	Superfícies òssies	0,01
Esòfag	0,05	Mama	0,05
Bufeta	0,05	Restants	0,05
Estómac	0,12	-	-

Taula 6.3. Valors de ponderació dels diferents tipus de teixit.

6.2. Equips de basats en radiacions ionitzants.

Els equips mèdics basats en la radiació ionitzant es poden classificar principalment en dos grups, el de diagnòstic i el de teràpia.

Els de diagnòstic són aquells equips que ens ajuden a obtenir imatges mèdiques, els quals englobarien els equips de raig X, densiòmetres, les gammacàmares i els radiofàrmacs. En canvi, els equips de teràpia tenen com objectiu tractar un teixit en especial mitjançant una dosi de radiació, les unitats de cobaltoteràpies, acceleradors de partícules, i les fonts encapsulades i les no-encapsulades són els tipus de equips terapèutics existents.

Aquest treball està centrat en els equips de teràpia ja que són els que poden necessitar una aplicació dintre de quiròfan. Dintre d'aquest tipus d'equips hi ha la teleteràpia la qual consta de la radiació de feixos lluny dels pacients, aquesta tot i que és més agressiva és la més usada. L'altre tipus de aplicació de radiacions és la braquiteràpia la qual es duu a terme mitjançant la radiació en contacte amb el pacient, és a dir, amb equips de fonts encapsulades, aquest tipus de equips són menys agressius ja que procuren irradiar només la zona a tractar.

La principal avantatge que presenta la braquiteràpia en relació a la radioteràpia externa és la ràpida caiguda de la dosi en funció de la distància a la font, així doncs, com que la font s'acostuma a introduir a la zona tumoral aquesta propietat fa que els teixits sans que envolten el tumor rebin una dosi petita i menor que amb la radiació de la radioteràpia externa.

Els tipus d'equips que interessin per aquest tipus de quiròfan serien els de braquiteràpia ja que són els que necessiten d'intervenció quirúrgica per la seva utilització.

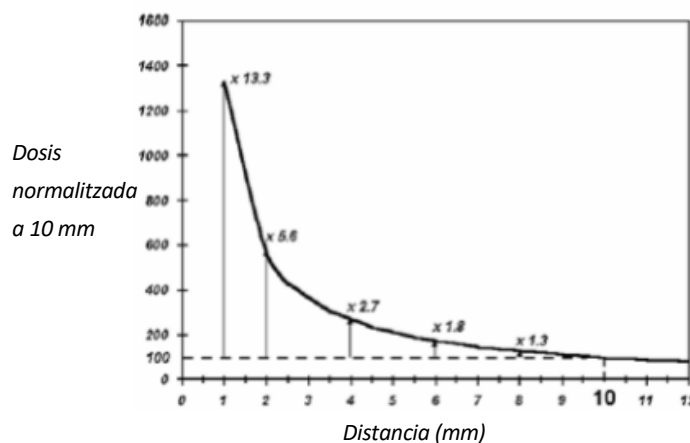
La braquiteràpia és un tipus de radiació interna la qual usa partícules o ones d'alta energia, tals com els raig X, els feixos d'electrons o protons o els raig gamma per tal d'eliminar o danyar algun tipus de cèl·lules en especial. La radiació actua sobre l'ADN que es troba dintre de les cèl·lules produint petites ruptures causant-li la mort i evitant que aquestes segueixin creixent i dividint-se.

Així doncs, la braquiteràpia es un tipus de radioteràpia interna on el procediment es realitza a l'interior d'un quiròfan dissenyat per mantenir les radiacions a l'interior d'aquest. El pacient es anestesià ja sigui amb anestèsia general o local [32].

El procediment que es realitza es fa mitjançant la col·locació d'implants que es posen a la cavitat del cos o del teixit amb un aplicador (generalment es un tub de metall o un catèter). Primerament, es realitzen estudis previs per imatges (radiografia, ecografia, MRI o CT) per tal de trobar el lloc exacte on s'ha de col·locar l'implant.

Els implants són fonts reactives sòlides i es presenten en forma de fils, llavors o esferes, rodejades per una funda metàl·lica que serveix per contenir la font y evitar que pugui contaminar els teixits on es col·loquen les fonts [33].

En la Il·lustració 6.1, es pot observar la variació de la dosi de una font de Iridi 192 de 2 cm en funció de la distancia a la que es trobi.



Il·lustració 6.1. Variació de la dosi en una font d'Ir 192 en funció de la distancia.

El principal inconvenient de la braquiteràpia és que s'ha d'utilitzar en volums accessibles, tan sigui per inserció directa o mitjançant guies o aplicadors. Les principals patologies que es tracten amb aquesta teràpia són els tumors ginecològics, els de pell, llengua, esòfag, bronquis, vies biliars, mama conservadora, pròstata, d'entre altres [34].

6.2.1. Procediments en un tractament de braquiteràpia.

El tractament de braquiteràpia s'ha de dur a terme a l'interior d'un quiròfan. Els passos a seguir durant el procediment normalment són [34]:

1. En funció de la localització del tumor, realitzar una sedació fins a anestèsia general.
2. Inserció a la zona de tractament d'uns catèters o aplicadors per par del oncòleg.
3. Realització d'una tomografia axial (TC) per determinar la posició de les fonts a l'espai i la seva relació amb el tumor.
4. En el sistema de planificació pintar en el TC, el volum blanc de planificació (PTV) i reconstrucció de les posicions de les fonts. Per realitzar aquest pas cal introduir abans del TC unes fonts de simulació.
5. Realitzar una dosimetria clínica, una vegada identificades les fonts amb el planificador.
6. Avaluació i aprovació del pla de tractament.
7. Irradiació del pacient: es passa al pacient a la sala on es realitza irradiació i es connecta el equip de irradiació als aplicadors. Un cop ja esta connectat, la font recorre les diferents posicions programades dintre del pacient.
8. Un cop finalitzat el temps programat de la irradiació per donar la dosi planificada la font torna a la posició de guarda.

En aquest cas, el procediment varia ja que la irradiació es realitza en el mateix quiròfan de manera que no es necessària la Tomografia axial perquè el càlcul es fa mitjançant imatges extretes de l'arc quirúrgic dintre del quiròfan.

6.2.2. Tipus de fonts utilitzades.

Actualment, al mercat existeixen diversos tipus de fonts per a la braquiteràpia. Alguns exemples de les més utilitzades són [34]:

Iridi 192

Aquesta font radioactiva està envoltada per una funda metàl·lica, de platí en el cas de les font de baixa taxa i d'acer inoxidable per les de alta taxa. Aquesta funda compleix amb dos condicions, la primera es contenir el material radioactiu i l'altra filtrar la radiació beta indesitjable per aquest tipus de tractament. Els valors d'energia mitjana d'emissió de radiació gamma és de 0,38 Mev i el període de semidesintegració és de 74,02 dies.

En la dosis de baixa taxa, s'utilitzen uns fils flexibles d'una aliatge de platí amb iridi amb un diàmetre de 0,3 mm envoltat d'una funda de platí de 0,1 mm. Els fils tenen una longitud dintre d'un interval aproximat de 14 a 50 cm segons l'empresa que ho subministri i aquests es tallen per adequar-se a les localitzacions tumorals que s'estiguin tractant.

Un altre forma de presentació d'aquestes fonts de baixa taxa són en forma de forquilles amb un diàmetre de 0,6 mm y amb una funda de 0,1 mm. La separació entre les potes és de 12 mm i les longituds estan dintre d'un rang de 30 a 50 mm. La activitat més usual per les fonts baixa taxa es d'un valor aproximat de 2 mCi/cm.

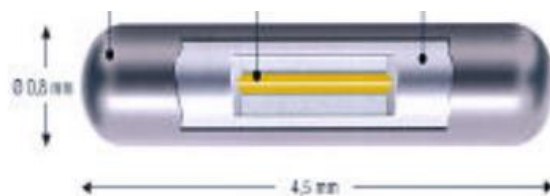
Les fonts utilitzades de alta taxa, en canvi, es mouen al voltat d'unes dimensions reduïdes. El diàmetre total d'aquestes s'acostuma a moure al voltant d'un rang de 0,9 mm a 1 mm les utilitzades per el microSelectron i 0,61 mm en les utilitzades per l'equip Varisource. La longitud de la font és d'entre 3,5 i 10 mm i estan recobertes per una funda inoxidable de espessor petita que absorbeix el component beta indesitjable per la radiació que es produeix. L'activitat de la fonts és de 10 Ci [34].

Iode 125

El iode és un tipus de font que s'utilitza en forma de llavors de dimensions externes de 4,5 mm i 0,8 mm de diàmetre i s'utilitza especialment pel càncer de pròstata usant un tipus de implantació permanent. El tipus de radiació que emet és de tipus raig gamma amb una energia de 35,5 kev i amb una vida mitjana de 60,1 dies.

Per implantar la font de iode 125 hi ha dos tipus de tècniques que són per implantar les llavors de forma individual o implantar les llavors unides per un fil de seda y separades entre si a una distancia d'1 cm [34].

En la Il·lustració 6.2 es pot observar una font de iode encapsulada i en la Il·lustració 6.3 fonts de iode unides per un fil de seda amb una separació d'1 cm.



Il·lustració 6.1. Font de iode encapsulada.



Il·lustració 6.3. Fonts de iodes unides per un fil de seda amb una separació de 1 cm.

Cesi 137

Hi ha una gran varietat de Cesi ja que cada casa comercial subministra un tipus diferent. Amb aquesta fonts s'emet una radiació gamma d'energia mitjana d'un 0,662 Mev y radiació beta, y aquesta es reté mitjançant la funda d'acer que conté la font. La funda, al igual que amb els altres tipus de fonts també assegura que la font estigui hermètica durant la seva vida útil. La vida mitjana que té es mou al voltant de 30,18 anys. La forma pot ser esfèrica o cilíndrica en funció de la casa que la comercialitzi [34].

6.2.3. Tipus de braquiteràpia.

El tipus de classificació de les fons és en funció de la taxa de dosis, així doncs, es separen per tres categories:

- Baixa taxa: Els valors es mouen entre el interval de 0.4 Gy/h i 2 Gy/h.
- Taxa Mitja: El rang és de 2 a 12 Gy/h.
- Alta taxa: L'alta taxa es mou en uns valors majors de 12 Gy/h.

Les fonts més utilitzades son les de baixa i alta taxa, ja que les diferencies son significatives i venen derivades de la duració del tractament. La braquiteràpia d'alta dosi es també coneguda com HDR, la qual permet aplicar un tractament amb una font radioactiva poderosa col·locada a l'aplicador per només uns minuts. La font es retirada després d'uns minuts y es pot repetir durant el transcurs dels dies o setmanes. El material radioactiu es retirat després de la sessió però el aplicador pot quedar-se col·locat entre les sessions del tractament.

Per altra banda, hi ha la braquiteràpia de baixa taxa de dosi el qual tracta de que l'implant emeti dosis més baixes però per un període de temps prolongat, aquest pot ser de varios dies. Alguns implants son més petits y es col·loquen sense posterior retirada y senzillament amb el transcurs del temps deixen d'emetre radiació. Aquests implants són de la mida d'un gra d'arròs.

Equips de baixa taxa

- **Selectron LDR/MDR:** Aquest equip es fa servir per aplicacions principalment ginecològiques i utilitza fonts de Cesi 137 de baixa i mitjana taxa de dosis. Per altra banda, l'equip disposa d'entre 3 i 6 canals que son connectats a l'aplicador. Tanmateix, disposa d'un microprocessador que serveix per constituir les fonts. En la Il·lustració 6.4 s'observa l'equip mèdic Selectron LDR/MDR.



Il·lustració 6.4. Equip mèdic *Selectron LDR/MDR*.

- **Curiatron:** Aquest tipus d'equip s'utilitza solament per al tractament de càncer ginecològic, el tipus de radionucleid que s'utilitza és el cesi 137 en forma de boles que tenen un diàmetre de 1,8 mm que s'introdueixen en una vaina d'acer inoxidable per tal de filtrar la radiació beta i intercalades amb boles inactives. El diàmetre extern pot variar entre 3,2 y 42 mm. Per altra banda, la longitud de la font depèn del tumor a tractar però sol oscil·lar entre el 16,5 i els 76 mm. L'activitat de la font sol ser de 15 mCi/cm [34]. En la Il·lustració 6.5 es pot observar l'equip Curiatron.



Il·lustració 6.5. Equip mèdic *Curiatron*.

Equips d'alta taxa

- **MicroSelectron HDR:** El MicroSelectron HDR és un equip d'alta taxa on el moviment de la font està controlat per un ordinador a partir dels paràmetres de tractament que s'insereixen mitjançant el suport magnètic o mitjançant la xarxa. Així doncs, l'exposició del personal ha de ser mínima. Per altra banda, està dissenyat per tindre 48 fonts de forma esfèrica amb activitat de 370 MBq (0,01 Ci) y 1,48 GBq (0,04 Ci), disposa de tres canals connectats a diferents aplicadors i amb un diàmetre extern de l'aplicador de 6 mm [35]. En la Il·lustració 6.6 s'observa l'equip MicroSelectron HDR.



Il·lustració 6.6. Equip mèdic *MicroSelectron HDR*.

- **Varisource:** Aquest equip es fa servir per tractaments intracavitaris, intraluminals, vasculars i intraoperatoris. S'ha de tindre en compte que degut a la mida petita de la font, aquest permet tractament en corbes de mida petita. Té 20 canals per als aplicadors i la font s'impulsa per un motor controlat per l'ordinador. L'activitat de la font es de 10 Ci. De la mateixa manera, en la Il·lustració 6.7 es pot veure l'equip mèdic Varisource.



Il·lustració 6.7. Equip mèdic *Varisource*. [36].

Equips de braquiteràpia polsada

Aquest tipus de braquiteràpia es molt semblant als equips de baixa taxa però consisteix en repetir l'aplicació durant un o diversos dies. Per dur a terme aquest tipus de braquiteràpia hi ha els següents equips:

- **MicroSelectron PDR:** Aquest equip s'utilitza per a tractament intracavitaris, intraluminals, intersticials, superficials i intraoperatoris, i utilitza una font tancada en una càpsula de 1,1 mm de diàmetre amb 2,5 mm de longitud. Disposa de 18 canals per connectar els aplicadors i dintre de cada aplicador el número de posicions de parada es de 48 amb separacions de 2,5 mm o 5 mm. L'activitat de la font es mou entre els 0,5 Ci i 1 Ci. En la Il·lustració 6.8 s'observa l'equip MicroSelectron PDR.



Il·lustració 6.8. Equip mèdic *MicroSelectron PDR* [37].

- Equips per implants permanents de pròstata: Consisteix en un equip que col·loca fonts de iode de forma automàtica dins del pacient. Les llavors són col·locades a l'equip, una vegada es realitza la dosimetria clínica de dades de les posicions de les fonts en relació a cada agulla transmeses des de el sistema de planificació al equip. Un cop col·locat l'extrem de l'equip a l'agulla corresponent, de forma automàtica es col·loquen les fonts i els separadors corresponents. En la Il·lustració 6.9 es pot observar l'equip mèdic d'implants permanents.



Il·lustració 6.9. Equip mèdic d'implants permanents.

6.3. Protecció radiològica

La protecció radiològica és la disciplina que s'encarrega d'establir uns principis bàsics i unes normes d'actuació per a protegir els éssers vius i el medi ambient dels efectes nocius de les radiacions ionitzants.

El marc legal que regeix la protecció radiològica són [33]:

- Directiva 96/29 Euratom del Consejo de la Unión Europea: Aquesta directiva està basada en l'ICRP 60 per la Comissió Internacional de protecció radiològica.

- Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes RD 783/2001 (RPSRI, 2001): En el proper any haurà de revisar-se.

6.3.1. Principis bàsics de protecció radiològica

La protecció radiològica és una activitat multidisciplinar, de caràcter científic i tècnic amb la finalitat de donar protecció a les persones i al medi ambient contra efectes nocius que puguin dur-se a terme com a resultat de la exposició radiològica [33].

Actualment, existeix un organisme internacional independent conegut com Comissió Internacional de Protecció Radiològica (ICRP) que es va fundar l'any 1928. Aquest organisme emet recomanacions i dona suport en assessorament sobre tots els aspectes relacionats amb la protecció contra radiacions ionitzant.

Hi ha tres principis bàsics els quals es basa la ICRP per tal de garantir la protecció radiològica:

1. Justificació de la pràctica: Aquest principi implica que la pràctica que suposi una exposició a les radiacions ionitzants sempre ha de suposar un benefici per a la societat. Tanmateix, també s'ha de considerar els efectes negatius de la tècnica a emprar i les alternatives possibles a la seva utilització.

2. Optimització de la protecció (ALARA): Aquest principi són les mesures que es prenen per evitar efectes nocius per la salut i responen a "*As low As Reasonably Achivable*", és a dir, a tan baix com raonablement sigui possible. Aquesta pràctica, el que vol assegurar es que totes les exposicions a la radiació han de ser mantingudes als nivells més baixos que siguin raonablement possibles, tenint en compte els factors socials i econòmics que aquests aportin [38].

3. Limitació de la dosi i del risc individual: Així doncs, aquest últim principi intenta limitar la radiació que poden rebre les persones. Per dur a terme aquest principi cal assegurar-se que les persones que rebin dosis de radiació no superin els límits establert en la legislació vigent.

6.3.2. Protecció sobre riscos radiològics

Per tal de reduir el risc de irradiació externa provocada per una font radioactiva cal seguir uns procediments bàsics de seguretat per reduir la exposició. Aquest factors que ajuden a la disminució de la irradiació són:

- Distància: augmentant la distància a la font de radiació ionitzant la exposició disminueix en la mateix a proporció que augmenta el quadrat de la distància.
- Temps: Disminuint el temps de exposició es redueix la dosi de irradiació.

- Blindatge: Interposant un espessor suficient d'un material absorbent o blindatge entre la persona i la font de irradiació s'aconsegueix eliminar completament o reduir de manera significativa la dosi rebuda. Per tal de calcular l'espessor o el blindatge que s'ha d'interposar s'utilitzen les següents formules:

$$D = k \left(\frac{A}{d^2} \right) \cdot \frac{A}{d^2}$$

$$D = \dot{D} \cdot t_{\text{irrad}}$$

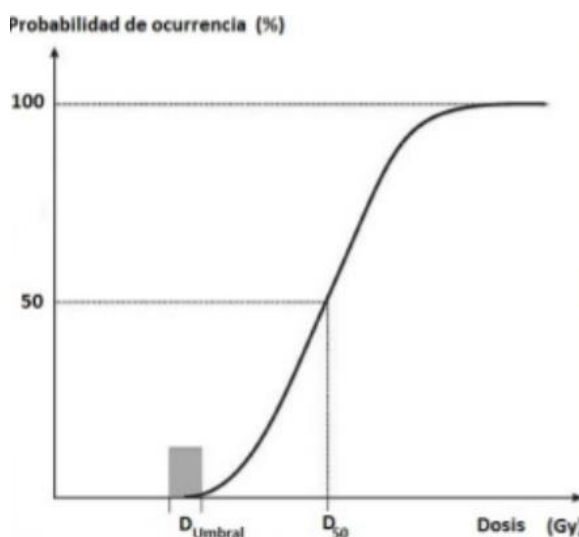
$$\dot{D}_{(\text{desp. blindatge } x)} = \dot{D}_{(\text{sin blindaje})} \cdot e^{-\left(\frac{\ln 2}{X_{1/2}} \right) \cdot x}$$

Equació 6.10. Formules càlcul de blindatge.

6.3.3. Tipus d'efecte biològics

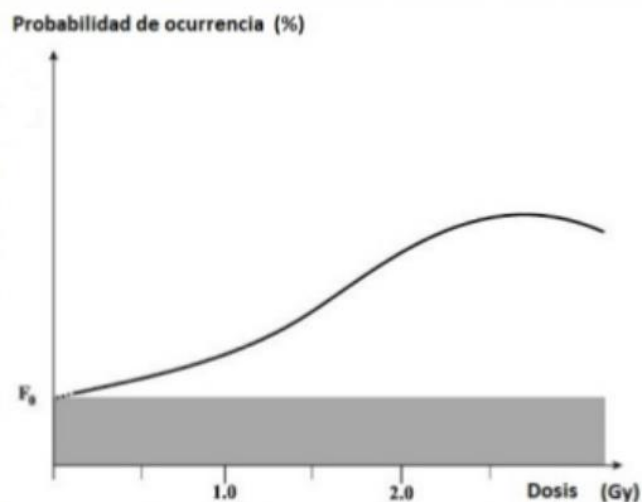
Cal tindre en compte, que existeixen dos tipus d'efectes biològics que es poden produir a causa de la exposició a la irradiació. Aquests dos són de tipus somàtics:

- Efectes deterministes: Son a conseqüència de la mort d'un nombre elevat de cèl·lules d'un teixit o òrgan i la gravetat de l'efecte augmenta amb la dosi de radiació. La principal diferencia d'aquest efecte és que existeix una dosi Umbral per a que aparegui l'efecte i s'observa després d'una exposició a dosis relativament altes. La Il·lustració 6.10 mostra una gràfica dels efectes deterministes.



Il·lustració 6.10. Probabilitat d'ocurrència d'efectes deterministes en funció de la dosi exposada.

- Efectes estocàstics: Aquest tipus de efectes es produeixen després d'una exposició a dosis moderades-baixes i la probabilitat d'aparició, però no la gravetat, augmenta amb la dosi rebuda. Al contrari dels efectes deterministes, no existeix una dosi Umbral i l'afectació més freqüent és el càncer que es produeix a conseqüència d'una mutació d'unes poques cèl·lules. La Il·lustració 6.11 mostra la gràfica del efectes estocàstics.



Il·lustració 6.11. Probabilitat d'ocurrència d'efectes estocàstics en funció de la dosi exposada.

6.3.4. Efectes sobre la salut

Depenent de la dosi de radiació que el cos rebí els efectes sobre la salut poden ser molt variats. En la taula 6.4., mostra els efectes de la salut que pot afectar depenent de la quantitat de mSv que es rebí.

Dosis (mSv)	Efectes sobre la salut o valor típic
10.000	Mort en dies o en una setmana (100% dels casos)
4.000	Mort en dies o setmanes (50% dels casos)
250	No produeix efectes observables de tipus immediat
100	No hi ha evidència d'efectes sanitaris en éssers humans
3,5	Dosi mitjana anual per persona a España
3,0	<ul style="list-style-type: none"> • Una exploració radiogràfica de l'aparell digestiu • Un escàner (tomografia axial computeritzada, TAC) del cap

2,5	Dosi mitjana anual per persona al món
0,02	Una radiografia de tòrax
0,001	<ul style="list-style-type: none">• 3 hores en un avió• Dosis anual mitjana deguda a l'indústria nuclear

Taula 6.4. Efectes de la radiació sobre la salut segons la dosi exposada.

7. Normativa

El present projecte i de la mateixa manera que en el disseny de qualsevol instal·lació, s'ha de seguir una sèrie de normatives, per a que el bloc quirúrgic en aquest cas es pugui posar en marxa i pugui ser acreditat per les entitats certificadores o acreditadores.

Així doncs, les normes es classifiquen segons si son:

- Internacionals, on treballen organismes coneguts com ISO, IEC, d'entre altres.
- Europees, on treballen organismes com CEN, CENELEC, d'entre altres.
- Nacionals, on treballen organismes com AENOR, DKE, d'entre altres.

En aquest context, a continuació es detalla la normativa que cal que es compleixi en aquest tipus d'instal·lació. Cal tindre en compte, per altra banda, que la majoria d'equips mèdics ja compten amb l'aplicació d'aquestes normes.

- **ISO 9001:2000. Sistema de gestión de Calidad [39].**

Aquesta norma ISO, determina els requisits per a un sistema de gestió de la qualitat. Així doncs es una norma genèrica que es aplicable a qualsevol organització.

L'objecte de desenvolupament d'aquesta norma és especificar un sistema de gestió de qualitat que permeti demostrar a la entitat en qüestió, que tot lo realitzat compleix amb els requisits i requeriments necessaris.

- **UNE-HD 60364-7-710:2014. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-710: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Locales de uso médico [40].**

Aquesta norma d'àmbit nacional i acreditat per AENOR, tracta de instal·lacions elèctriques en edificis, en aquest cas, en la part 7- secció 710 parla sobre normativa que han de complir els locals d'ús mèdic.

L'objecte del desenvolupament d'aquesta norma és complir amb els requisits que es necessiten aplicar en les instal·lacions elèctriques en els locals d'ús mèdic per assegurar-se la seguretat dels pacients i del personal mèdic. Aquests requisits es poden aplicar principalment a hospitals, consultes mèdiques, centre de salut, d'entre altres.

- **UNE-EN 60601-1:2008. Equipos electromédicos. Parte 1: Requisitos generales para la seguridad básica y funcionamiento esencial [41].**

Aquesta norma, tracta sobre les requisits generals per a la seguretat bàsica i funcionament essencial dels equip electromèdics. Aquesta norma, també està acreditada per AENOR.

Així doncs, l'objecte de desenvolupament d'aquesta normativa és especificar els requisits generals i d'aquesta manera servir com a base per a normes particulars.

Per altra banda, per elaborar-la ha estat necessari basar-se en diferents normes IEC que parlen sobre diversos requisits tècnics que han de garantir els equips mèdics.

- **Real Decreto 842/2002, REBT 2002. Reglamento electrotécnico para baja tensión [42].**

El present reglament té per objecte establir les condicions tècniques i garanties que deuen de reunir les instal·lacions elèctriques connectades a una font de subministrament en els límits de baixa tensió amb la finalitat de:

- a) Preservar la seguretat de les persones i dels bens.
- b) Assegurar el funcionament normal de les instal·lacions i prevenir les perturbacions en altres instal·lacions i serveis.
- c) Contribuir a la fiabilitat tècnica i a la eficiència econòmica de les instal·lacions.

Així doncs, en especial sobre instal·lacions de locals d'ús mèdic, cal esmentar dos ITC/BT que provenen d'aquest RD:

- **ITC/BT 38 [22].** L'objecte d'aquest ITC particular és determinar els requisits particulars per a les instal·lacions elèctriques en quiròfans i sales d'intervenció, així com, les condicions de instal·lació de les receptores.
- **ITC/BT 28 [43].** Aquest ITC tracta sobre els locals de pública concurrència. Així doncs, aquesta normativa s'aplica en locals tan de espectacle com de reunió, treball i usos sanitaris. Per aquesta raó, s'aplica aquesta norma en les altres sales del bloc quirúrgic que no son ni d'intervencions ni quiròfans ja que aquelles han de complir amb la ITC/BT 38.

- **UNE-EN 12464-1:2012. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo de interiores [44].**

Aquesta norma, parla sobre els requisits de il·luminació per als humans en les zones de treball en interior, que satisfan les necessitats de confort i rendiment visual de persones amb una capacitat oftàlmica (visual) normal.

- **Real Decreto 664/97, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el Trabajo [6].**

Aquest Real Decreto té com objecte la prevenció de riscos laborals, és a dir, la protecció dels treballadors contra els riscos per a la seva salut i la seva seguretat derivat de la exposició a agents biològics durant la feina.

- **UNE-EN-737-1:1998. Sistemas de distribución canalizado de gases medicinales. Parte 1: Unidades terminales para gases medicinales comprimidos y de vacío [17].**

Aquesta normativa regeix el tipus de connexió que han de tindre cada gas, per tal, de que cada connector només es pugui connectar a la terminal adequada.

- **UNE-EN-1822-1:2010. Filtros absolutos (EPA, HEPA y ULPA). Parte 1: Clasificación, principios generales del ensayo y marcado [12].**

Aquesta norma europea tracta de l'aplicació de filtres absoluts d'alta eficàcia i ultrafiltres (EPA, HEPA i ULPA), utilitzats en el camp de la ventilació i climatització, així com en processos tècnics, per exemple per aplicacions en tecnologia de sales blanques o de la indústria farmacèutica.

- **UNE-EN-779:2013. Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Determinación de las prestaciones de los filtros [11].**

La norma UNE-EN-779:2013 regeix els tipus de filtres que s'han d'utilitzar per a cada nivell de filtració per tal d'eliminar partícules i obtenir la màxima asèpsia possible dintre del quiròfan.

Cal tindre en compte, que aquest quiròfan també té aplicacions de radiacions ionitzants, per aquesta raó, també cal complir amb normativa de protecció radiològica, la qual està basada en:

- **Real Decreto 1085/2009 de 3 de julio. El Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico [45].**

Aquest RD tracta sobre el reglament de la instal·lació i utilització de aparells de raig X amb finalitat de diagnòstic. En aquest context, aquest Real Decret ve a regular:

- La utilització d'equips i instal·lacions de raig X amb finalitat de diagnòstic mèdic.
 - El règim d'autorització prèvia de les empreses de venda i assistència tècnica dels equips i instal·lacions.
 - La acreditació del personal que fa el servei en les instal·lacions de raig X de diagnòstic mèdic.
 - La realització de serveis i certificació de característiques prèvies per els serveis o les Unitats tècniques de protecció radiològica.
- **Real Decreto 783/2001 de 6 de julio. *El Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes* [46].**

El real decret 783/2001 tracta sobre la protecció sanitària contra radiacions ionitzants. De la mateixa manera, aquest reglament té com objectiu establir normes relatives a la protecció dels treballadors i dels membres públics contra riscos que resulten de les radiacions ionitzants.

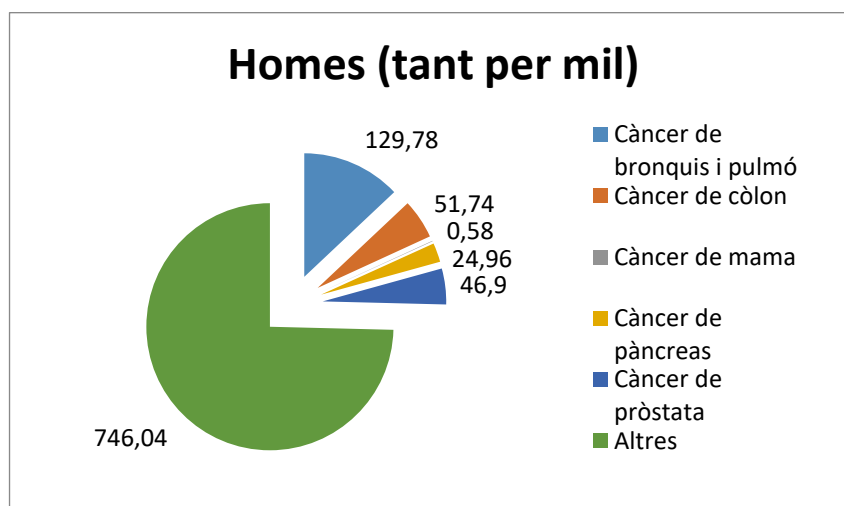
- **Directiva 96/29 Euratom del consejo de la Unión Europea [47].**

Aquesta directiva estableix les normes bàsiques de seguretat. Les disposicions d'aquesta Directiva s'aplica a les situacions normals i d'emergència i han estat completades amb altres legislacions més específiques.

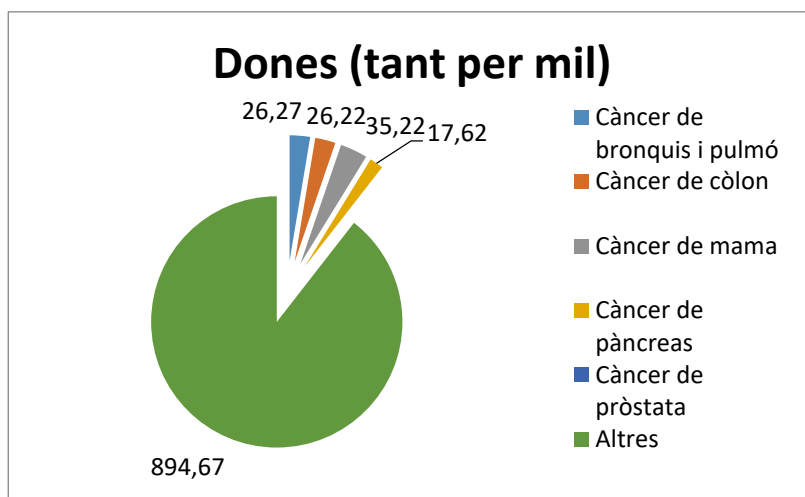
8. Quiròfan per processos de radiació

Finalment, el projecte es centra en el disseny d'un bloc quirúrgic de Braquiteràpia d'alta taxa. Aquest tipus d'equip és dels més agressius que hi ha en l'actualitat i té molts tipus d'aplicacions però cadascun amb unes necessitats específiques. Així doncs, el disseny del quiròfan està centrat en el desenvolupament d'una àrea pel tractament del càncer de pròstata, de bronquis donat al alt grau de mortalitat i del càncer ginecològic a causa de totes les afectacions que provoca.

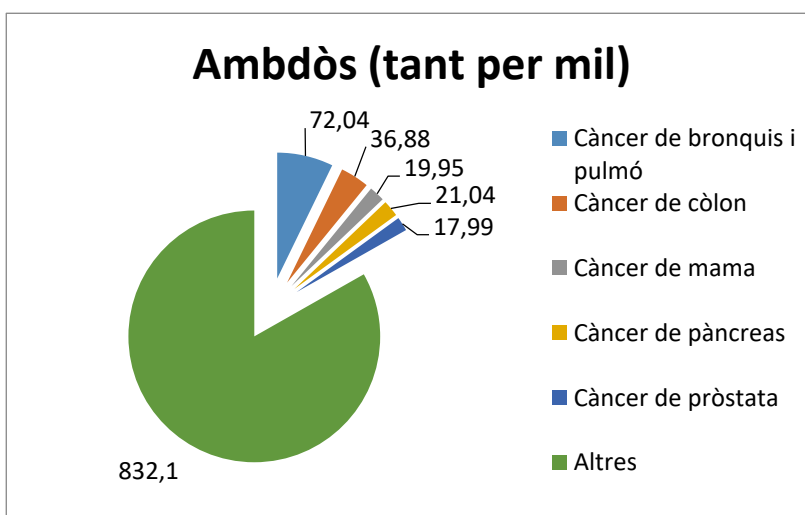
Actualment, segons dades extretes del INE (Instituto nacional de estadística) el càncer de pròstata i el càncer de bronquis són uns dels tipus de càncers més freqüents i que causen una mortalitat masculina més elevada en l'actualitat [48]. En les Il·lustracions 8.1, 8.2 i 8.3 es pot observar les gràfiques sobre la quantitat de mortalitat deguda a aquestes patologies tant en homes com en dones.



Il·lustració 8.1. Gràfiques tant per mil sobre les causes de mortaldat dels homes.



Il·lustració 8.1. Gràfiques tant per mil sobre les causes de mortaldat de les dones.



Il·lustració 8.3. Gràfiques tant per mil sobre les causes de mortaldat en ambdós sexes.

Després d'analitzar més concretament les necessitats específiques que eren necessàries per a desenvolupar aquest tractament, es va tindre en compte, que un dels càncers més tractats en braquiteràpia era el ginecològic, tot i que, no tenia una alta taxa de mortalitat.

Així doncs, i tenint en compte que es necessari el mateix tipus d'equipament mèdic, es va decidir incloure la teràpia de cilindres ginecològics dintre dels tractament per dur a terme en aquest bloc quirúrgic.

8.1 Plànols

Per realitzar el disseny d'un bloc quirúrgic cal tindre en compte diferents aspectes, com per exemple, les sales necessàries per al seu funcionament com són les sales d'administració, zones de descans, subministraments, etc. que tot i que no ser explícitament usades per a la operació quirúrgica cal tindre-la en compte ja que sinó suposaria un problema per al treballadors si necessitessin sortir de la zona neta cada cop que haguessin de redactar informes, descansar, etc.

Així doncs, en aquest cas s'ha tingut en compte que els treballadors entren per la zona dels vestidors on a més a més estaria el lavabo i dutxes. Els pacients, en canvi, entrarien per els transfers que es situen entre els vestidors i la zona de descans dels treballadors.

Un cop els pacients accedissin al recinte net, se'ls portaria a la URPA fins al moment d'entrar al quiròfan de manera que allí estarien controlats per els professionals de la infermeria. Aquesta sala de recuperació post-anestèsica també serà on aniran els pacients després de les operacions per controlar que desperten correctament de la anestèsia.

A continuació es pot observar la distribució de les sales que després es tindrà en compte per fer el càlcul de blindatge:

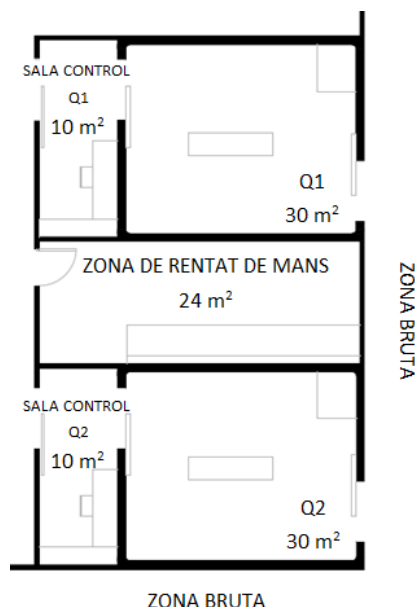


Il·lustració 8.4. Plànols de distribució del bloc quirúrgic.

El present projecte està enfocat en el disseny d'un bloc quirúrgic per aplicacions radiològiques. En l'actualitat, l'única unitat de braquiteràpia de Catalunya es troba a l'Institut Català d'Oncologia, on el procediment que es segueix consta de la intervenció dins d'un quiròfan i després el trasllat del pacient a una altra sala d'irradiació fora del bloc quirúrgic.

En aquest bloc quirúrgic, s'han dissenyat directament dos quiròfans on en cadascun es realitza tan la intervenció com la irradiació, evitant d'aquesta manera haver de realitzar proves de diagnòstic per tal d'assegurar que els aplicadors no s'han mogut durant el trasllat del pacient i facilitant la bioseguretat del quiròfan ja que així els treballadors no s'han d'anar canviant l'uniforme per accedir al bloc quirúrgic cada cop que han de fer un control del pacient que està en la sala d'irradiació.

Així doncs, en especial, s'ha de tindre en compte la següent àrea que és on es desenvolupa tot el projecte.



Il·lustració 8.5. Plànol dels quiròfans.

En el disseny dels quiròfans, s'ha tingut en compte que cal tindre dues portes, una que accedeixi a la zona bruta i l'altre a la zona neta i que no es poden obrir simultàniament. Per altra banda, la sala de control està dotada per una taula i una cadira, amb el seu corresponent armari per tal de poder guardar documentació de les dosimetries.

L'interior del quiròfan constarà de una taula per al ordinador de control d'infermeria per anar anotant les accions realitzades a lo llarg de la intervenció i per a que quedi constància de tot el que se li ha subministrat al pacient.

A més a més de la taula quirúrgica, hi haurà un equip d'anestèsia per a tindre al pacient controlat durant l'operació i els equips necessaris per a dur a terme la intervenció (arc quirúrgic, ecògrafs, etc). Per al disseny d'aquest bloc quirúrgic, s'ha tingut en compte el preu tan elevat dels equips de braquiteràpia i s'ha optat per només adquirir-ne un, de manera que mentre en un quiròfan s'irradia al pacient en l'altre s'estan col·locant els aplicadors per la seva irradiació posteriorment, alternant-se d'aquesta manera l'ús de l'equip.

Pel que fa als aspectes estructurals del quiròfan com són el tipus de terra, revestiment de parets, il·luminació, etc. s'ha tingut en compte que:

- Tipus de terra, es important instal·lar una superfície del sòl que compleixi amb la normativa, ja que ha de tindre certa resistència elèctrica transversal i, per altra banda sigui 100% segur per col·locar en sales estèrils.

Així doncs, aquest material compleix amb una resistència alta als productes químics (ja que serà necessari aplicar productes forts de neteja) i que, per altra banda que tingui un bon comportament i no es faci malbé davant de mobiliari d'ús sanitari com son cadires de rodes, camilles, etc. El tipus de terra ideal per a aquesta sala seria el Granit mèdium Denim de IQ GRANIT de la empresa *Tarkett*, ja que compleix amb tota la normativa i per altra banda, també té un certificat CE y compleix amb el tipus de producte ISO en Paviment Vinílic homogeni [49].

- Les parets s'han de revestir de manera que es pugui desinfectar correctament i de la mateixa manera, aporti una gran estabilitat respecte a càrregues estàtiques i característiques que evitin la facin propagació del foc. Els possibles materials de revestiment que existeixen són acer inoxidable pentinat, acer inoxidable barnissat, acer esmaltat citríficat-virewall, PVC i, per últim, corian.

En aquest cas, s'ha optat per el PVC ja que es un bon material per a quiròfans i per zones adjacents ja que té un bon acabat de la mateixa manera que és una solució bastant econòmica.

Així doncs, aquest material s'aplica mitjançant un adhesiu adequat que s'ajusta a la superfície mitjançant una font de calor. El PVC es pot netejar amb facilitat per mitjà de productes químics. Cal destacar, per altra banda, que entre el revestiment i el terra es crea una junta ampla per mitjà d'un element de goma o de metall que permet una neteja fàcil i elimina la nidació de pols a les zones que són difícils de netejar.

Tot i així, no es descarta l'ús de panells d'acer esmaltat vitrificat d'acer inoxidable barnissat i coriant, ja que, d'aquesta forma el disseny no seria tan unificat i si s'hagués de realitzar alguna modificació seria més senzill de manipular-ho [50].

- Il·luminació, cal tindre apart de la làmpada quirúrgica, il·luminació general. Per assolir la il·luminació ideal, es fan servir 10 tubs fluorescents, cinc de color blanc i cinc blaus de manera que el color sigui el més adequat possible per poder observar el color dels teixits del pacient, tot i que, moltes vegades aquesta il·luminació s'apaga en el moment de començar la intervenció. Aquest valor pot variar de 300 a 1000 lux. En aquest cas assolirem el valor de 700 lux ja que volem produir un valor mig de llum per a que no hi hagi una sobrecàrrega d'il·luminació que pugui ser una molèstia per als treballadors.

Així doncs, per altra banda a la sala de control volem adquirir també un valor mitjà d'uns 400-500 lux pel que col·loquem un fluorescent blau i un altre blanc.

- Cal fer la connexió dels gasos medicinals esmentats anteriorment [17].
- Finalment, les portes que es col·locaran seran de 1,5 m. I hauran de tindre un sistema d'automatització per tal de que s'obri la porta, i de la mateixa manera s'asseguri que l'altra porta està tancada.

8.2. Bioseguretat

Com s'ha descrit anteriorment en l'apartat 4.1. és el conjunt de mesures com per exemple organització, pràctiques de treball, disseny d'instal·lacions, equips de seguretat, d'entre altres, dirigides a prevenir i protegir la salut humana, animal, vegetal i del medi ambient davant de factors de risc d'origen biològic [51].

En aquest cas, es parla d'un quiròfan de tipus A, es a dir, d'un quiròfan d'alta tecnologia segons la norma EN779:2013 [11]. Així doncs, s'ha de treballar amb les barreres primàries esmentades anteriorment com per exemple, ús de guants, gorra estèril, peücs estèrils, uniforme esterilitzat, mascaretes, etc. Com en qualsevol tipus de bloc quirúrgic però, per altra banda, s'ha de complir amb les següents característiques:

- Flux d'aire unidireccional (laminar)
- Caudal d'aire exterior ha de ser major a 20 ren/h i 2400 m³/h
- Aire recirculant
- Velocitat de l'aire major a 0,2 m/s
- Temperatura d'entre 18 i 26 °C
- Ús de filtres M5/F9/H14
- Partícules ISO 6
- Pressió d'entre +20 i +25 Pa
- Humitat relativa entre un 40-60%
- Nivell sonor de 40 dBA

Per aquest motiu s'han d'utilitzar diversos sistemes tan pel filtratge de l'aire com per provocar la pressió positiva dintre del quiròfan.

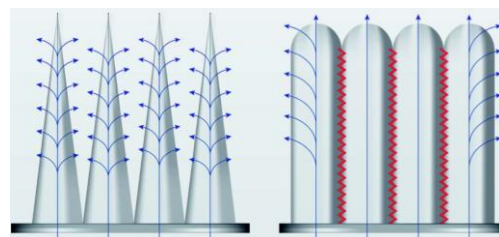
El primer nivell de filtració tracta d'un filtre M5, aquest filtre es pot trobar en *Venfilter* el qual té un model anomenat *bag-synthetic M5* que està format per un filtre de bosses de malla de fibra sintètica amb un marc d'acer galvanitzat i amb una eficàcia mitjana d'entre un 40 i 60%.

Aquest filtre conta amb una sèrie d'avantatges com la gran superfície filtrant amb malla sintètica. Per altra banda, aquest filtre es pot aplicar tant en entrada, sortida i de recirculació en sistemes de ventilació com en aplicacions d'aire condicionat, ventilació en sales de màquines o extracció d'aire. Cal remarcar que aquest filtre compta amb certificació de qualitat d'Eurovent [52]. La Il·lustració 8.6. mostra l'estructura i les mides d'un filtre M5.



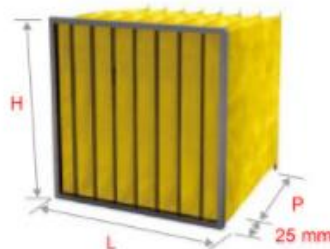
Il·lustració 8.6. Filtre M5.

El segon nivell de filtració és el F9 el qual es semblant al filtre M5, però en aquest cas la malla de les bosses són de teixit de fibra de vidre atorgant així una major eficàcia en el filtrat. Així doncs, existeix el model *Bag-glass F9* de *venfilter* el qual conta amb un marc d'acer galvanitzat, bosses amb forma cònica i una eficàcia mitjana de quasi 96%. En la Il·lustració 8.7 es mostra la diferencia entre la filtració de bosses còniques en comparació amb la filtració de bosses arrodonides.



Il·lustració 8.7. Sistema de filtració de les bosses còniques en comparació al sistema de bosses arrodonides.

També, cal tindre en compte que aquest filtre compleix amb la normativa EN779:2013 [11] i que per altra banda té un certificat d'eficiència energètica Europea. La combinació de fibres de vidre fines i gruixudes garanteix una baixa pèrdua de carrega i una gran capacitat d'acumulació de pols en els sistemes HVAC com son els equips d'aire condicionat i sistemes de condicionament de l'aire [53]. En la Il·lustració 8.8 es mostra l'estructura d'un filtre F9.



Il·lustració 8.8. Filtre F9.

Per últim, el tercer nivell de filtració consta d'un filtre Hepa H14 ja que és un tipus de quiròfan tipus A. El filtratge Hepa és el tipus de filtració més absoluta, per aquest motiu, s'utilitza una filtració de l'aire tant d'entrada, sortida com de recirculació en sistemes de ventilació en zones que precisen d'un especial tractament de l'aire com són els quiròfans, sales netes, entre d'altres.

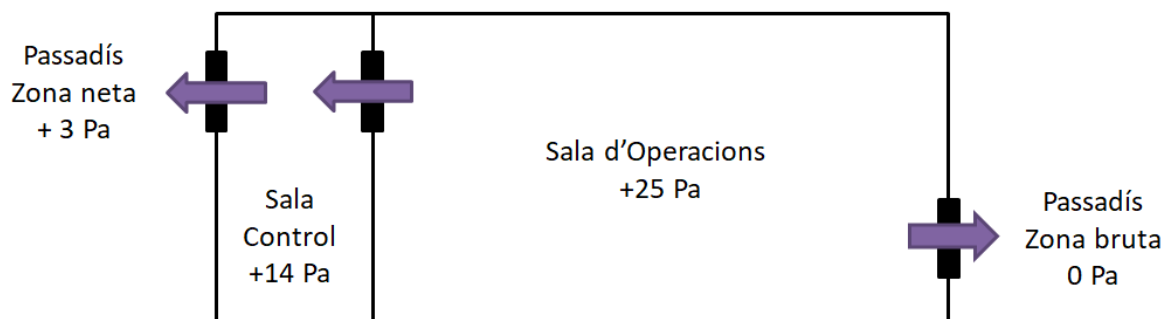
Aquest tipus es denominat com filtre compacte multièdric absolut de molt alta eficàcia i gran caudal on l'empresa *Venfilter* té un model anomenat *Poliven Galvanitzat* que compleix amb les característiques desitjades i amb certificat de compliment de la norma EN 1822[12].

Així doncs, el filtre H14 està format per un marc d'acer galvanitzat amb nansa, amb una malla de paper de fibra de vidre, amb separadors de cordons de material termoplàstic i amb segellador de poliuretà. Per altra banda, la junta consta d'un sistema líquid de poliuretà bicomponent (poliuretà expandit semicircular) i té una eficàcia MPPS del 99,995% [54]. En la Il·lustració 8.9 es mostra un filtre H14.



Il·lustració 8.9. Filtre H14.

Per últim, per aconseguir els valor de pressió desitjada es treballa amb equips de MedicCleanAir per tal de crear un sistema que purifiqui l'aire de la mateixa manera que creï el gradient de pressions per al funcionament segur del quiròfan. Cal que les pressions del quiròfan i del seu votant per evitar la proliferació d'agents patògens siguin les que es mostren en el esquema de la Il·lustració 8.10.



Il·lustració 8.10. Esquema de pressions del quiròfan.

Així doncs, hi ha un equip que s'instal·la amb facilitat i que compleix amb els valors que es seleccionen de pressió. En aquest cas, pressió positiva dintre del quiròfan. Aquest sistema té opció d'aplicació de filtres Hepa, està a prova de fuga, té diferents opcions de velocitats de ventilació, regulació automàtica de la diferència de pressió desitjada i amb una gran millora en el control de l'equip de manera que els paràmetres siguin fàcilment intercanviables, amb vigilància sobre la pressió diferencial o seguretat en higiene [55].



Il·lustració 8.11. Equip de ventilació per crear les diferències de pressions.

Tot i l'existència d'aquest equip, cal tindre en compte que lo més adequat per a un quiròfan és instal·lar entrades d'impulsió d'aire cap a l'interior i sortides d'extracció de l'aire, d'aquesta manera, es pot assolir el valor de les pressions necessàries.

8.3. Seguretat radiològica

8.3.1. Dosis permeses per a públic i treballadors

Segons el *Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (2001)* existeixen diferents valors de dosi que poden rebre tant els treballadors com públic en general. Aquest límits són els següents:

Treballadors:

Tenen un límit de dosi efectiva de 100 mSv en 5 anys consecutius, amb una dosi efectiva màxima anual de 50 mSv. Cal tindre en consideració, que en la pràctica i en els processos d'optimització, s'utilitza un límit pràctic de 20 mSv per any.

Així doncs, els límits anuals establerts per teixits i òrgans són:

- Dosi equivalent en el cristal·lí ≤ 150 mSv.
- Dosi equivalent a la pell ≤ 500 mSv (dosi promig en 1 cm^2).
- Dosi equivalent a les extremitats (mans i peus) ≤ 500 mSv.

Membres del públic:

Els membres del públic són aquelles persones que no estan ni en tractament ni tenen una feina que suposi la exposició a la irradiació. Per aquest tipus de persones el límit és el següent:

- Dosi efectiva ≤ 1 mSv en un any.
- Dosi efectiva en el cristal·lí ≤ 15 mSv.
- Dosi efectiva a la pell ≤ 500 mSv (dosi promig en 1 cm^2).

8.3.2. Càlcul del blindatge

El present projecte i com anteriorment s'ha observat en els plànols, consta d'un bloc quirúrgic per al tractament de càncer de pròstata, bronquis i càncer ginecològic amb braquiteràpia. Aquest bloc quirúrgic consta de 2 quiròfans on cadascun té unes necessitats diferents de blindatge, ja que cada paret està en contacte amb diferents àrees del bloc quirúrgic.

Per a calcular el blindatge necessari i el material a utilitzar, es calcula mitjançant la següent fórmula:

$$Dosis \text{ setmana} = W \cdot T \cdot U \cdot f \cdot \left(\frac{d_0}{d_1}\right)^2 \cdot e^{-\ln 2 \left(\left(\frac{x_{horm}}{CHR_{horm}}\right) + \left(\frac{x_{Pb}}{CHR_{Pb}}\right) + \left(\frac{x_{Fe}}{CHR_{Fe}}\right) \right)}$$

Equació 8.1. Càlcul dosis setmanal.

Aquest tipus d'equip MicroSelectron HDR usa la font Ir-192 amb una activitat màxima de 370 GBq, és a dir, 10 Ci i amb una constant G de $0,1157 \text{ mGy h}^{-1} \text{ MBq}^{-1} \text{ m}^2$.

Els termes utilitzats en la formula anterior corresponen als següents conceptes:

- W : Càrrega de treball setmanal. En aquest cas, per a tractaments de pròstata, bronquis i càncer de pròstata es calcula que hi ha una càrrega de 130 Gy/setmana, ja que està pensat per realitzar 2 operacions de bronquis, 9 operacions de pròstata y 8 operacions de càncer ginecològic a la setmana, ja que tenen cada intervenció una activitat de 5 Gy, 9 Gy y 5 Gy, respectivament.
- T : Factor d'ocupació. Depèn de si la zona que està al voltant del quiròfan és d'ús públic o de treballadors el valor canvia.

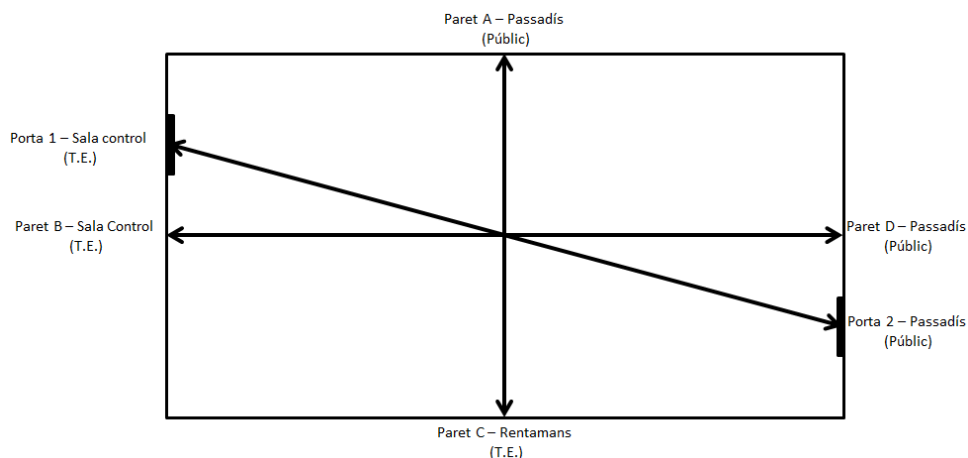
- U : Factor d'ús. En el cas de la braquiteràpia el valor és de 1 tant per les parets, com el sòl i el sostre, ja que s'irradia per igual en totes les direccions.
- d_0 : Distància des de la font al punt d'aplicació. En el cas de la braquiteràpia, aquest es molt petit ja que toca pràcticament amb el tumor, així que es treballa amb un valor de 0,015 m.
- CHR : Aquesta és la capa hemirreductora. En aquest cas segons NCRP 40 es pren valors de 4,3 cm de formigó, 0,3 cm de Plom i 1,3 cm de ferro [56].
- x : Espessor del blindatge.
- d_1 : distància de la font al punt de càlcul.
- f : Factor d'atenuació del pacient. En aquest cas es parla d'un factor de 0,9.

Cal tindre en compte que el càlcul es realitza per a una dosi setmanals i que cada any té 50 setmanes. Així doncs, la dosi efectiva anual per al personal considerat públic és de un 1 mSv/any mentre que pels treballadors professionalment exposats és de 20 mSv/any per als de categoria A i 6 mSv/any per als de categoria B. Però els càlculs es realitzen sempre posant-nos en els pitjors dels casos per conservar un marge d'error major.

Quiròfan 1:

El quiròfan 1 té una sala de control per tal de tindre al personal qualificat controlant el pacient durant la irradiació. Per altra banda, cal tindre en consideració que cada paret de la habitació ha de tindre un blindatge diferent en funció de la distancia a la que es trobi de la font d'irradiació i el tipus d'habitació que hi hagi al costat.

Per fer el càlcul d'aquest blindatge s'ha de tindre en compte que la paret A està en contacte amb el passadís del bloc quirúrgic, la paret B està en contacte amb la sala de control on es troba el treballador professionalment exposat, la paret C és el rentamans utilitzat per a dur a terme l'esterilització prèvia a la intervenció i, per últim, la paret D que és la que està en contacte amb la zona bruta de fora del bloc quirúrgic. També cal tindre en compte que hi ha dos portes les quals cal calcular el blindatge. En la Il·lustració 8.12 es mostra un esquema de les diferents parets.



Il·lustració 8.12. Esquema d'irradiació quiròfan 1.

Les distàncies que s'han considerat es calculen des de el centre de la sala als punts aproximats que es marquen en la Il·lustració 8.12. Així doncs, els valors de distancia des del centre als diferents punts de la sala i els valors d'ocupació, són:

- Sostre: 1.93 m, ja que l'alçada del quiròfan és de 3 m però s'ha de tindre en compte que el pacient es pot trobar fins a un valor de 1,07 m si està en la alçada màxima que pot assolir la taula quirúrgica. Amb un factor d'ocupació 1/8 ja que és públic.
- Sòl: 0.49 m, ja que és l'alçada mínima que assoleix la taula quirúrgica. El factor d'ocupació és de 1/8 ja que es considera públic. Lo ideal seria que el bloc quirúrgic estigues situat en una planta soterrània o en una planta baixa per tal d'evitar el blindatge del terra ja que no s'exposaria ningú.
- Paret A: 2.5 m. En aquest cas, el factor d'ocupació és 1/8 ja que la paret dóna a la zona de pas de la zona grisa del bloc quirúrgic.
- Paret B: 3.0 m. El factor d'ocupació es 1 ja que la paret dóna amb la sala de control on està exposat els treballadors professionals en llargs períodes de temps.
- Paret C: 2.5 m. El factor d'ocupació és 0,5 ja que dóna a la zona de rentat de mans que és on hi accedeix el personal qualificat però no en un període prolongat de temps.
- Paret D: 3.0 m. Factor d'ocupació és 1/8 ja que el passadís dóna a la zona bruta i és zona pública.
- Porta 1: 3.25 m. Les portes com estan considerares com zones de pas es consideren amb un factor d'ocupació de 1/8.
- Porta 2: 3.25 m. En aquest cas, es considera igual el factor d'ocupació que de la porta 1.

Així doncs, els resultats i els valors de blindatge de cada tipus de material extrets amb la fórmula anterior es mostren en la taula 8.1..

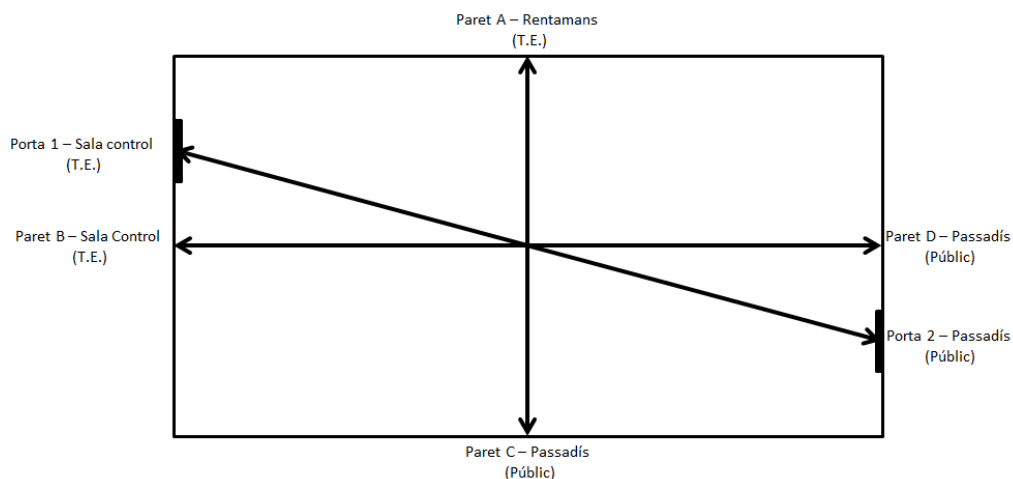
Localització	Blindatge Formigó (cm)	Blindatge Plom (cm)	Blindatge Ferro (cm)	Dosis setmana (mSv/setmana)	Dosis anual (mSv/any)	Màxim Permès
Sostre	14	0	3,0	0,02	0,97	< 1 mSv
Sòl	16	0	7,5	0,02	0,99	< 1 mSv
Paret A	21	0	0	0,02	0,93	< 1 mSv
Paret B	20	0	0	0,12	5,82	< 6 mSv
Paret C	18	0	0	0,12	5,79	< 6 mSv
Paret D	19	0	0	0,02	0,89	< 1 mSv
Porta 1	0	1,2	0	0,02	0,97	< 1 mSv
Porta 2	0	1,4	0	0,10	4,91	< 6 mSv

Taula 8.1. Resultats del blindatge necessari per a cada paret del quiròfan 1.

Quiròfan 2:

Per altra banda, el quiròfan 2 té unes dimensions similars a les del quiròfan 1, però cal tindre en compte que cada paret també necessita d'un blindatge diferent ja que cada una està en contacte amb parts diferents del bloc quirúrgic.

En aquest cas doncs, la Paret A dona al rentamans mentre que la paret C dona al passadís de la zona bruta tal i com succeeix amb la paret D i la porta 2. Per altra banda, la paret B dona a la sala de control de la mateixa manera que la porta 1. En la Il·lustració 8.13 es mostra l'esquema d'irradiació del quiròfan 2.



Il·lustració 8.13. Esquema d'irradiació quiròfan 2.

Així doncs, els valors des del centre als diferents punts de la sala són:

- Sostre: 1.93 m. Ja que el tipus de sostre i taula quirúrgica és el mateix que l'anterior cas. El factor d'ocupació és de 1/8.
- Sòl: 0,49 m. De la mateixa manera que en el quiròfan 1, el més interessant seria situar el bloc quirúrgic en una planta soterrània per tal d'evitar fer el blindatge. Tot i així, en aquest cas es compte com si el sòl estigués a 0,49 m amb un factor d'ocupació de 1/8.
- Paret A: 2.5 m. El factor d'ocupació de 0,5 ja que es una zona usada per treballadors però en poca freqüència.
- Paret B: 3.0 m. El factor d'ocupació és 1 ja que la paret dona a la zona de control on està exposant el treballador professional durant un període de temps prolongat.
- Paret C: 2.5 m. El factor d'ocupació en aquest cas també és públic (1/8) ja que dona al passadís de la zona bruta.
- Paret D: 3.0 m. En aquest cas, el factor és de 1/8 ja que es considera públic i amb poc temps d'exposició ja que es un passadís de la zona bruta.
- Porta 1: 3.25 m. Factor d'ocupació públic (1/8) ja que es considera zona de pas.
- Porta 2: 3.25 m. Factor d'ocupació públic 1/8.

En la taula 8.2. es mostra els resultats de blindatge necessaris per a la posada en marxa del quiròfan 2.

Localització	Blindatge Formigó (cm)	Blindatge Plom (cm)	Blindatge Ferro (cm)	Dosis setmana (mSv/setmana)	Dosis anual (mSv/any)	Màxim Permès
Sostre	14	0	3	0,02	0,97	< 1 mSv
Sòl	16	0	7,5	0,02	0,99	< 1 mSv
Paret A	18	0	0	0,12	5,79	< 6 mSv
Paret B	20	0	0	0,12	5,82	< 6 mSv
Paret C	21	0	0	0,02	0,93	< 1 mSv
Paret D	18	0	0	0,02	1,00	< 1 mSv
Porta 1	0	1,2	0	0,02	0,97	< 1 mSv
Porta 2	0	1,4	0	0,10	4,91	< 6 mSv

Taula 8.2. Resultats del blindatge necessari per a cada paret del quiròfan 2.

8.4. Equipament bàsic

L'equipament bàsic és aquell equipament que en principi en tots els quiròfan hi ha de ser present, sigui la especialitat que sigui. Les característiques i el equipament que s'ha escollit per aquesta proposta de quiròfan és el següent:

8.4.1. Il·luminació

Per la part d'il·luminació s'ha escollit el model Trumpf TruLight 5510, aquesta làmpada és de tecnologia LED, amb disseny extraplà, es a dir, amb tan sols un grossor de 6 cm, amb un matís multient format per 90 diodes led d'alta eficàcia i màxim rendiment lumínic amb un consum energètic de 65 W [57].

El sistema de suspensió tracta d'un tub de brides de 110 mm de diàmetre, un eix central de dos posicions i amb un gir total de 360°. El braç té una extensió de 1150 mm i amb un ressort de 910 mm per tal d'aconseguir l'ajustament de l'alçada.

La part de la làmpada fixe està formada per dos panels simètrics i solidaris, amb unes mides equivalents a 675mm de diàmetre, superfícies llises i arrodonides i amb asses laterals retro-il·luminades de grans dimensions per tal de tindre una operació ràpida, precisa i confortable.

L'acabat exterior és lacat amb pintura electrostàtica resistent als productes de neteja i desinfecció que s'utilitzen en ambients quirúrgics. En la Il·lustració 8.14. es mostra una imatge de la làmpada TruLight 5510.



Il·lustració 8.14. Làmpada *TruLight 5510*.

Aquest equip a més a més, es interessant per el quiròfan perquè té la possibilitat d'afegir un braç per algun monitor o alguna càmera.

8.4.2. Taula quirúrgica

La taula quirúrgica cal que sigui l'adequada per tal de realitzar una bona intervenció. Així doncs, la taula quirúrgica *TruSystem 7500* compta amb una sèrie de característiques que fa que aquesta sigui l'adequada per aquest ús.

Així doncs, alguna de les característiques que ofereix són les següents [58]:

- Confiable en qualsevol situació ja que té una capacitat de càrrega màxima de 400 kg, permeten d'aquesta manera el treball amb pacients amb obesitat.
- Accés òptim ja que té un desplaçament longitudinal de fins a 4460 mm i un disseny esvelt de columnes.
- Sistema senzill de punts d'acoblament amb ganxos per assolir un canvi ràpid de components amb sistema de bloqueig automàtic d'ús còmode i segur.
- Concepte de maneig intuïtiu per a la realimentació permanent.
- Millor trasllat del pacient ja que permet un trasllat ràpid, a més a més, d'un menor temps de canvi.

- Confiable en la rutina del quiròfan ja que està testada la propulsió electromecànica a la placa de la taula i la columna, fet que garanteix un funcionament fiable en el treball diari del quiròfan.

En la Il·lustració 8.15. es mostra una imatge de la taula quirúrgica TruSystem 7500.



Il·lustració 8.15. Taula quirúrgica *TruSystem 7500*.

8.4.3. Equip d'anestèsia

Per dur a terme les intervencions del tractament de càncer de pròstata i bronquis, cal anestesiàr parcialment o totalment al pacient, per això, es necessari un equipament mèdic que realitzi l'anestèsia del pacient de la mateixa manera que monitoritzi les constants durant aquest procés.

L'equip d'anestèsia que millor s'adhereix a les necessitats d'aquest bloc quirúrgic és el model Aisys CS2 amb monitorització respiratòria i amb mesclador electrònic de gasos.

Aquest equip ofereix un equip d'anestèsia unificat mitjançant la integració de solucions de monitorització, d'administració avançada de la anestèsia amb *End Tidal control (EtC)* i de capacitats de ventilació avançades.

El *End Tidal Control (EtC)* permet obtenir i mantenir els valors de l'agent anestèsic i d'oxigen del pacient de manera ràpida, estable i precisa. D'aquesta manera, independentment dels canvis hemodinàmics i del estat metabòlic del pacient, les concentracions de l'agent anestèsic i d'oxigen s'ajusten automàticament.

Així doncs, aquest sistema *End Tidal Control (EtC)* ajuda en [59]:

- Vigilància: automatitza l'administració de l'agent anestèsic, la mescla de gas fresc i del flux total de manera que el nivell establerts d'anestèsic es mantinguin en una concentració constant i fixats per el Et2%.

- Eficiència: EtC contribueix a la reducció de la quantitat d'anestèsia utilitzada i els costos associats a tots els casos.
- Senzillesa: En el mode de flux de gas fresc convencional, la informació del ecoFLOW ajuda a optimitzar la quantitat d'agent anestèsic subministrat, disminuint el consum total i reduint els riscos de mescles hipòxiques durant l'anestèsia a mínims i baixos fluxos.
- Ajuda en la disminució d'emissions: Aquest nou sistema, té una repercussió positiva en el medi ambient ja que redueix el 44% de les emissions del gasos hivernacle respecte al control manual.

La ventilació, la vaporització i entrega de gas que son controlades digitalment mitjançant una interfase intuïtiva. Per altra banda, els protocols permeten una comunicació digital de totes les dades del pacient i del sistema. En la Il·lustració 8.16 es mostra el model Aisys CS2.



Il·lustració 8.16. Equip d'anestèsia Aisys CS2.

8.4.4. Monitors

Com a monitor mèdic es tria el model LCD 2D Full HD de 27 polsades amb panell OptiContrast avançat i entrada digital/analògica. Aquest monitor es pot fer servir si es necessari per veure imatges o inclús per endollar una càmera per utilitzar durant les intervencions.

El panel de LCD de 27" (69 cm) es resistent i de gran brillantor compta amb una avançada tecnologia de panell antireflectant que redueix els reflexos interns i externs per optimitzar el contrast de la imatge i proporciona als cirurgians i al personal quirúrgic una visualització de gran qualitat durant les operacions.

D'aquesta manera, els cirurgians i el personal de quiròfan poden veure imatges mèdiques en resolució Full HD des de una ampla gama de sistemes d'imatges. Aquest equip ofereix imatges 2D en color d'Alta Definició mitjançant càmeres endoscòpiques i laparoscòpia quirúrgiques i altres sistemes mèdics de captura de imatges.

El funcionament flexible es veu millorat amb una gran varietat de modes de imatge PIP/POP i una pràctica funció de rotació de la imatge i una interfase d'usuari intuïtiva que assisteix al usuari amb tan sols polsar unes tecles. Les interfases analògica i digitals simplifiquen la connexió d'una ampla gama de fonts d'imatge d'alta definició i definició estàndard [60]. En la Il·lustració 8.17 es mostra una imatge del monitor Sony LCD 2D full HD.



Il·lustració 8.17. Monitor Sony LCD 2D Full HD de 27 polsades.

8.4.5. Desfibril·ladors

En els blocs quirúrgics, existeix un alt risc de que hi hagi pacients que entrin en desfibril·lació auricular, ja que es duen a terme procediments d'alta dificultat.

Per aquesta raó, cal tindre present dintre el bloc quirúrgic un equip de desfibril·lació per si calgués reanimar a algun pacient. Per fer aquesta funció, existeix un model *HeartStar XL+* de la casa *Philips* amb diverses característiques que fan que aquest sigui el més adequat per aquest bloc de braquiteràpia.

Així doncs, aquest producte conté una interfase dissenyada per ser clara i de fàcil ús. Per altra banda, és de fàcil transport de manera que facilita la feina durant el procés de xoc i els coixinets de desfibril·lació són universals tant per adults com per nens. També, està dissenyat per tindre més d'un mode de treball, de manera que, es pot fer servir en tots tipus de nivells d'usuari, ja que té el mode AED (automàtic) i un altre mode manual, cosa que permet que s'utilitzi en tots els nivells de capacitació.

Aquest mode AED proporciona una descàrrega ràpida, de la mateixa manera que el temps de càrrega de la dosis també disminueix, ajudant d'aquesta manera a minimitzar les interrupcions de COR i accelerant la aplicació de la descàrrega.

Cal tindre en compte, aquest equip mèdic també compta amb un monitoratge de les constants del pacient per tal de tindre una atenció continuada durant el procés de parada. Les mesuraments que proporciona són ECG de 3 i 5 contactes, freqüència cardíaca, SpO₂ i la pressió sanguínia no invasiva [61]. En la Il·lustració 8.18 es mostra una imatge d'un desfibril·lador Heartstart XL+.



Il·lustració 8.18. Desfibril·ladors *HeartStar XL+* de la casa *Philips*.

8.4.6. Pla d'integració

En la actualitat, cada vegada interessa tindre un sistema més integrat on des de qualsevol lloc puguis moure i tindre totes les característiques de la manera més intuïtiva i fàcil.

TRUMPF Medical ha dissenyat un nou concepte d'integració de quiròfans anomenat *Sistema Integración Quirófano TruConnect™* on molts processos del quiròfan es tornen més segurs i intuïtius aprofitant al màxim el potencial tant del personal com econòmic.

Així doncs, aquest sistema d'integració aporta les següents millores [62]:

- Processos optimitzats per al futur com per exemple detecció automàtica i maneig confortable del equipament integrat (taules quirúrgiques, làmpades, gestió de vídeo i música) mitjançant el concepte d'ús flexible.

- Ús intuïtiu, es a dir, eficiència en la utilització. Aquest nou concepte de maneig permet un aprenentatge intuïtiu, al mateix temps que minimitza el cost de capacitació i el temps d'iniciació.
- Higiene confiable per lo que es va desenvolupar amb la finalitat de ser un accessori d'equipament mèdic. Per aquesta raó, els dispositius compleixen amb tots els requisits higiènics d'un bloc quirúrgic. El dispositiu és impermeable, antipols (IP67), antiimpactes i de maneig estèril.
- Conservació de la visió global, aquest sistema inclou una interfase de visualització 3D, amb comandament gràfica *Touch-and-move* i detecció dinàmica dels components.
- Adaptació de la llum correctament, per aquesta raó, amb el sistema d'integració, es pot ajustar la configuració de les làmpades cialtíques des d'un punt central. Aquesta adaptació també es valida per manipular la brillantor, la temperatura del color, el maneig de ombres i la mida de camp.
- Millors imatge sota direcció centralitzada ja que es pot dirigir còmodament la ruta del vídeo, la càmera de les làmpades i la documentació d'imatge, si fos necessari.
- Bon ambient al quiròfan ja que es pot connectar música mitjançant reproductor MP3, telèfons mòbils o *tablets* per reproduir la seva llista de melodies personals.
- Punt d'informació ja que un treball eficaç requereix que la informació correcte estigui en el moment i el lloc correcte i també en el idioma i qualitat corresponents. D'aquesta manera, el sistema d'integració desenvolupat per TRUMPF proporciona tots els manuals d'ús i vídeos tutorials didàctics per als equips.

En la Il·lustració 8.19 es mostra el comandament (tablet) del sistema d'integració TruConnect



Il·lustració 8.19. Comandament (tablet) sistema d'integració *TruConnect™*.

8.4.7. Ordinadors

Durant una operació, es important tindre una plataforma que comuniqui i actualitzi l'estat del pacient, és a dir, tindre un suport per a la infermeria per tal de poder dur un control quirúrgic.

Per obtenir aquesta comunicació fluida cal instal·lar un ordinador on funcioni una plataforma de comunicació. En especial, s'ha de buscar un model que tingui la torre per sobretaula o integrada en la pantalla, per tal de tindre una millor comoditat i menys obstacles en el quiròfan.

Així doncs, existeixen uns ordinadors especials per al ús en quiròfans de *Rein Medical*, on en aquest cas el model escollit és el *Clinio 4* que té les següents característiques [63]:

- És un ordinador, tot en un, higiènic i versàtil amb protecció IP65 de la part davantera de la pantalla que permet la fàcil desinfecció.
- Aquest ordinador, és un producte mèdic de classe 1 i, a més a més, tots els equips estan verificats segons les normes internacionals com es DIN EN 60601-1 [41].
- Consta d'unes característiques potents que responen segons la situació que hi ha cada dia en el sector mèdic.
- Aquest model, incorpora una ranura PCIe-16x d'alta qualitat per a futures ampliacions. D'aquesta manera, *CLINIO 4* respon a les exigències especials com poden ser la integració de targetes digitalitzadores d'imatge o altres aplicacions del sistema.

Aquest monitor, amb la seva potencia de càlcul, pot no només ser per a control d'infermeria sinó que també està pensat per posar-lo a la zona de control del quiròfan de radiació. En la Il·lustració 8.20 es mostra la imatge del ordinador *CLINIO 4*.



Il·lustració 8.30. Ordinador CLINIO 4.

Les propietats tècniques d'aquest monitor són les següents:

- Protecció IP: El vidre de seguretat està enrasat en la part davantera de manera que el monitor està protegit de forma segura contra la pols.
- Es maneja mitjançant un panell tàctil capacitiu que està integrat en el panell frontal i que es pot utilitzar amb els tàctils de cirurgia.

- La superfície es plana de manera que permet la desinfecció completa i, d'aquesta manera, s'evita el perill de contaminació per la brutícia.
- CPU i5 i memòria 4 GB RAM que ofereix potencia suficient per a les aplicacions que s'utilitzen.
- 500 GB de disc dur.
- USB 3.0 amb velocitat de transmissió de dades de 500 MBytes/s.
- Ús de Linux o Windows.
- Sistema sense ús ventilador ja que aquest produeix molts remolins de pols i de antígens.
- S'instal·la hardware d'ús industrial que es caracteritza per ser més segur contra fallides i per la seva llarga disponibilitat.
- Està equipat amb dos interfases tipo RS-232 de manera que es poden controlar equips de forma remota per GPIO.
- Té sortida DVI que igual que els connectors HDMI permet la sortida de les imatges a monitors externs.

Per altra banda, i com a accessori en el ordinador situat en la sala de control s'usaran també teclats i ratolins amb característiques especials per a la prevenció de les infeccions nosocomials dintre dels hospital dissenyats per *Medigienic*.

Aquest dispositius compten amb un principi higiènic en el qual, el teclat disposa d'un LED que avisa quan s'ha de desinfectar el teclat, l'usuari d'aquesta manera bloqueja el teclat prement una tecla i posteriorment el pot netejar usant desinfectants adequats dintre de l'àrea hospitalària. La superfície plana de silicona facilita la seva neteja i desinfecció. Quan el teclat està correctament desinfectat s'apaga la llum LED que indica que es pot desbloquejar i tornar a utilitzar. En la Il·lustració 8.21 es mostra una imatge del tecla i ratolí de grau mèdic.



Il·lustració 8.41. Teclat i ratolí de grau mèdic.

8.5. Equipament específic

Dintre de cada especialització de bloc quirúrgic cal considerar que té unes necessitats específiques. En aquest cas, al tractar-se d'un bloc quirúrgic de braquiteràpia per al tractament de càncer de pròstata, bronquis i ginecològic, ha de comptar amb l'equip bàsic més l'equip de braquiteràpia, en aquest cas el MicroSelectron HDR que és el més agressiu en l'actualitat, un equip d'ecografia i un arc quirúrgic ja que un cop s'introdueixen els aplicadors s'ha de comprovar que estiguin ben col·locats i, per últim, una càmera de seguretat per poder vigilar el pacient durant el tractament.

8.5.1. MicroSelectron HDR

El MicroSelectron permet als usuaris treballar amb braquiteràpia des de càrrega manual fins a la càrrega automàtica remota, cosa que promou una pràctica amb més seguretat i protecció dels professionals. Les característiques que té aquest equip són [64]:

- **Fiabilitat:** La font d'avanç de la unitat assegura que la font radioactiva es col·loca amb precisió a les posicions definides i que no hi ha radiació innecessària. L'exposició es produeix al canal de tractament de la mateixa manera que a la punta, per tant, afegint major seguretat en el procediment. El moviment està controlat per un accionament que actua sobre el cable d'origen de manera que té un posicionament robust amb una precisió de ± 1 mm en cadascuna de les posicions. La font de càrrega garanteix 25.000 transferències d'origen per font.
- **Ampliable:** La plataforma digital microSelectron i escalable es pot adaptar fàcilment a les necessitats evolutives de la pràctica de la braquiteràpia. Es pot començar amb la utilització de sis canals de tractament, per exemple, i ampliar fins a 18 o 30 canals a mesura que surti la necessitat.

Amb la configuració de canals de 18 o 30, es poden tractar grans implants com ara tractaments de mama intersticial o de pròstata d'última generació sense necessitat de tornar a connectar catèters durant el tractament.

- **Connexió:** Un procediment de braquiteràpia s'adapta a les necessitats dels pacients individuals. Això només es pot aconseguir mitjançant una connexió sense fissures de tots els elements implicats en la solució de tractament de braquiteràpia: imatges, aplicadors i planificació i lliurament de tractaments.

Els sistemes de planificació de tractament de Prostata Oncentra® Brachy i Oncentra® estan dissenyats per al seu ús amb el microSelectron® Digital i proporcionen un filtre òptim. Per a un tractament optimitzat, es disposa d'una àmplia carter d'aplicadors per a més de 15 tipus de càncer en diverses anatomies per a un ús específic amb microSelectron Digital. Fins i tot, és possible tractar nanatomies que requereixen curvatures petites en els catèters del

tractament. La unitat de tractament de microSelectron Digital disposa de grans rodes que permeten maniobrar fàcilment al costat del llit, així com un indicador que es pugui ajustar a l'alçada desitjada.

- Una configuració que s'adapta a tot: El sistema està format per la unitat de tractament amb contenidors de font coincidents, la consola de tractament, els sistemes de vigilància de la radiació i una sèrie de dispositius de garantia de qualitat.

Així doncs, en la Il·lustració 8.22 es mostra el dispositiu MicroSelectro HDR amb els seus complements.



Il·lustració 8.52. Equip de braquiteràpia *microSelectron*®.

8.5.2. Ecògraf

Els ecògrafs tenen un principi de funcionament basat en els ultrasons per tal de produir imatges d'estructures internes del cos humà.

Les ones sonores s'emeten per màquines cap a l'interior del cos provocant que impactin contra els òrgans i rebotin en forma d'eco que, posteriorment es transformarà en imatge. El medi més adient per a la propagació de les ones són qualsevol estructura amb alt contingut d'aigua, per aquesta raó no s'estudia per teixit ossi i òrgans amb contingut aeri, es a dir, amb grans cavitats d'aire ja que no impacten contra res i no fan el retorn en forma d'eco.

Els equips d'ultrasons produeixen un feix ultrasònic que les estructures travessades per les ones oposant resistència (impedància sònica), de manera semblant al comportament que té la llum davant d'un mirall, provocant d'aquesta manera la producció d'ecos que son detectats, registrats i analitzats per els ordinadors. Així doncs, els ultrasons son ones sonores de naturalesa mecànica i amb característiques que no poden ser escoltades per l'oïda humana ja que tenen una freqüència superior als 18 mil Hz.

Un equip d'ultrasons consta de les següents parts [65]:

- Transductor: És on es troben els cristalls que es mouen per tal de crear les ones ultrasòniques. Per altra banda, també és on es reben els ecos per a transformar-los en energia elèctrica.
- Receptor: Capta les senyals elèctriques i les envia al amplificador.
- Amplificador: Amplifica les ones elèctriques.
- Seleccionador: Selecciona les ones elèctriques que son rellevants per a l'estudi.
- Transmissor: Transforma les corrents en representacions gràfiques per a veure-les en la pantalla, guardar-les o imprimir-les.
- Calibrador: Són controls que permeten fer mides, tenen botons i tecles per augmentar o disminuir ecos, d'acord a la claredat amb la que es rep la senyal.
- Teclat: Permet introduir comandes i dades del pacient, així com els indicadors de les sessions, incloent la data d'estudi.
- Impressora: per poder imprimir les imatges en paper.

En el marc del present projecte, es necessari tindre un ecògraf per comprovar que els aplicadors s'han col·locat correctament. En aquest cas, el model Philips ClearVue 550 presenta un re-disseny d'alta tecnologia de la sèrie Philips HD i en la seva forma actual pretenen millorar els antics sistemes d'ultrasons HD6, HD7 i HD9.

Aquests equips de ClearVue son equips d'ultrasons de nivell bàsic i de servei de gamma mitjana capaç de proporcionar imatges de bona qualitat de tipus ginecològiques, vasculars i cardíques. Així doncs, el model 550 afegeix un monitor en un braç totalment articulat i ofereix SonoCT i imatges panoràmiques, així com el Doppler Hi-Q [66].

El tipus d'imatge que proporciona son mode B, mode M, doppler en color, doppler d'intensitat, doppler polsat, doppler continuu, imatges harmòniques de teixit, superfícies 3D, dúplex, tríplex, mode M anatòmic i mode Dual.

En la Il·lustració 8.23 es mostra un equip d'ecografia ClearVue 550.



Il·lustració 8.63. Equip d'ecografia *Philips ClearVue 550*.

8.5.3. Càmera de vigilància

Durant el procés de radiació cal tindre el pacient controlat en tot moment, per si en cas d'emergència calgués entrar. Així doncs, el equip de vigilància en aquest cas consta d'una càmera que estigui col·locada de tal manera que es visualitzi tota la sala.

Per aquesta raó, s'instal·la una càmera amb visió panoràmica de manera que es pugui moure lliurement per veure tots els angles d'interès. El model es el DS-2CD6986F-(H) de la marca HIKVISION líder en càmeres de vigilància que compta amb càmera panoràmica, lent fixa de 4x5 mm, 180º de vista horitzontal, resolució de fins a 7,3 MP (4096x1800), llum ultra baixa i amb un emmagatzematge de fins i tot 128 Gb [67]. En la Il·lustració 8.24 es mostra l'equip de vigilància DS-2CD6986F-(H).



Il·lustració 8.74. Equip de Vigilància *DS-2CD6986F-(H)* de la marca *HIKVISION*.

8.5.4. Arc quirúrgic

L'arc quirúrgic és un equip de raig que ofereix bona qualitat d'imatge, precisió en la col·locació i ergonomia en les aplicacions crítiques dintre d'una sala operatòria.

En el present projecte, es necessari per anar comprovant que els aplicadors s'estan col·locant correctament.

Així doncs, aquest equip té dos parts, una pròpia del arc i l'altre del monitor on es mostren les imatges. Aquest arc, treballa amb baixes dosis de raigs X que permeten obtenir una qualitat d'imatge molt alta [68].

L'arc *Arcovis 3000R* es pot fer servir per moltes operacions cobrint així una ampla varietat d'aplicacions com poden ser de cirurgia general, cateterisme, etc. A més a més, gràcies a la escopia continua amb valors alts de mA i la gran capacitat tèrmica, poden oferir imatges d'alta qualitat per a operacions llargues [69].

Cal senyalar, que la flexibilitat de posició, permet que hi hagi un ampli recorregut dels moviments oferint la màxima llibertat per a cada situació, podent-se realitzar tal i com es necessari en el present projecte, tant operacions de ginecologia com operacions de pròstata. En la Il·lustració 8.25 es mostra l'arc quirúrgic *Arcovis3000R*.



Il·lustració 8.85. Arc quirúrgic Arcovis3000R.

8.6. Pla d'emergència i gestió de residus.

Aquest tipus de quiròfan i de tractament, tenen una perillositat elevada degut al tipus de radiació que s'utilitza. Tot i així, cal tindre present que en aquest projecte es treballa amb un equip de càrrega diferida el qual la font està protegida i no està en contacte 100% amb la persona.

Per aquesta raó no cal tindre una gestió de residus perquè no es genera diàriament cap tipus de residu. Tot i així, cal tindre en compte que cada 3 mesos una empresa externa gestiona la font i la va intercanviant. Per altra banda, abans de fer servir aquests equips, cal fer un cicle en buit per comprovar que la màquina funciona perfectament abans d'aplicar-la en el pacient.

Dintre d'una instal·lació d'aquest tipus, hi ha d'haver un supervisor especialitzat en aquestes instal·lacions i un operador. És a dir, cal algú que s'encarregui directament de controlar les zones, per tal d'evitar accidents radiològics.

Aquest bloc quirúrgic treballa amb equipaments d'alta tecnologia i a la mateixa vegada d'alt risc ja que es treballa amb radiacions ionitzant. Per aquesta raó, cal tindre un pla d'emergència, en cas de que hi hagués una fuga o l'incorrecte utilització del material radioactiu, que ha de ser dissenyat per el departament de física i de protecció radiològica.

En el passat hi ha hagut diversos problemes que han sigut els causants d'aquests accidents, i cal tindre en compte el per què i què va succeir per tal de que no es tornin a repetir. Alguns problemes són a causa de la combinació de formacions deficientes als treballadors amb la falta de comprovacions establerta que s'ha comentat anteriorment, falta de procediment i absència de la supervisió global.

Així doncs, alguns problemes que han causat accidents amb materials radioactius i que, per tant, cal tindre en compte a la hora de manipular-los en la actualitat, són [70]:

- Incorrecta revisió i/o manteniment dels paràmetres operacionals dels equips de teràpia, ordinadors i accessoris.
- Falta de revisions independents cosa que produeix que no es descobreixi l'accident fins al cap de bastant de temps d'estar-se produint.
- Confusió i acceptació de fonts de braquiteràpia sense verificació de la seva activitat.
- Deficient comunicació i informació després d'una reparació o canvi de torn.
- Deficient formació, falta d'atenció i falta de realització del procediment adequadament.

Tanmateix, es important que el personal estigui format tant per a dur a terme els procediments de braquiteràpia com per a actuar en cas d'emergència. La directriu bàsica d'emergències radiològiques estableix d'aquesta manera que la resposta d'emergència radiològica ha de complir amb dos nivells de planificació [71]:

- Nivell de resposta interior que comprèn els plans d'emergència interior, baix la responsabilitat del titular.
- Nivell de resposta exterior que consta del pla estatal, plans especials d'emergència de les comunitats autònomes i els plans municipals que corresponen.

Per aconseguir el pla d'emergència adequat cal complir amb les normes establertes per el CSN que tracta del *consell de seguretat nuclear*. Per assolir un nivell de seguretat òptim, s'haurà desenvolupar un pla d'emergència que compleixi amb la següent normativa [72]:

- *Real Decreto 1564-2010, de 19 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo radiológico.*
- *INT-08-04 Guía técnica del Consejo de Seguridad Nuclear para el desarrollo y la implantación de los criterios radiológicos de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Radiológico.*
- *INT-08-01 Organización de Respuesta y Plan de Actuación ante Emergencias del Consejo de Seguridad Nuclear.*
- *INT-08-03 Participación del Consejo de Seguridad Nuclear en el Sistema Nacional de Protección Civil. Carta de servicios del CSN ante emergencias nucleares y radiológicas.*

Tot i així, la declaració d'emergència radiològica per part de la activitat competent o de la direcció de la emergència de la instal·lació ha de dur a terme l'activació de la *Organización de Respuesta ante Emergencia (ORE) del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) en el mode 1*.

Així doncs, la sala d'emergències (*Salem*) del CSN està activada en mode d'alerta 24 hores al dia durant tot l'any. L'activació del mode 1 de la ORE és el primer mode de resposta establert.

En aquest mode i fins el mode 3 s'inicien les comunicacions amb la instal·lació sobre el que s'ha declarat emergència. Es convoca als tècnics especialistes de la CSN de manera proporcionada a la gravetat de la emergència i al mode declarat en la *Salem*. S'activen els mètodes externs del que disposa el consell per recolzar la resposta a les emergències i s'inicia l'avaluació de la situació amb un diagnòstic de l'accident i una previsió de la seva evolució.

Del resultat de les avaluacions s'extreuen recomanacions de protecció que es traslladen a la autoritat que exerceix la direcció de la emergència per a que, d'acord amb els recursos que disposa, les posi en pràctica.

8.7. Seguretat elèctrica

L'últim punt que es té en compte en el present projecte és la seguretat elèctrica, és a dir, el càlcul mitjançant una estimació elèctrica del consum dels equips de quin sistema d'alimentació ininterrompuda (SAI) es necessari per complir amb la seguretat del quiròfan. El càlcul serà aproximat ja que no és un dels objectius claus del projecte, sinó que és per acabar de fer el càlcul d'equipament requerit per a la implementació del quiròfan.

Per a dur a terme el càlcul de potència, cal tindre clars els conceptes bàsics de potència elèctrica. Aquest són:

- Potencia activa [73]: Es pot definir la potència activa com la quantitat total de potència útil que consumeix un equip elèctric, és a dir, com la potència (kW) que s'utilitza realment per al treball. Aquest tipus de corrents s'utilitza tant en circuits DC com en circuits de corrent alterna. Els equips electrònics son capaços de convertir-la en energia tant mecànica com lumínica, tèrmica entre d'altres. La fórmula de la potencia activa és la equació 8.1.:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta = V \cdot I \cdot \cos(\arctg \frac{X}{R}) = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R}$$

Equació 8.2. Càlcul Potència activa.

- Potencia reactiva [74]: Aquest tipus de corrent a diferència de la potencia activa, no es transforma íntegrament en treball o calor, per tant, no serveix per a consum ni per escalfar. Aquesta energia, s'associa a aparells que necessiten d'una bobina com per exemple els equips que funcionen amb motors o transformadors alimentats en corrent alterna.

En principi, el valor d'aquesta potencia necessari per a que la bobina o el condensador generi un camp magnètic es nul, ja que es retorna.

- Potencia aparent [75]: La potencia aparent (kVA) es defineix com la quantitat total de potencia que consumeix un equip elèctric, es a dir, en principi és la suma vectorial de la potencia activa (útil) i la potencia vectorial. En aquest cas negligim la potencia reactiva ja que en principi i tal com s'ha esmentat anteriorment aquest valor es nul. Cal tindre en compte doncs, que el factor de potencia FP és igual a 1, ja que tractarem aquest cas com que la xarxa d'alimentació elèctrica ha de satisfer la energia consumida pels elements resistius més el valor que emmagatzematge de les bobines i dels condensadors. La fórmula que ho regeix és la equació 8.3..

$$kVA = \frac{kW}{FP} = \frac{kW}{1} = kW$$

Equació 8.3. Càlcul Potència aparent.

Per altra banda, cal definir com es fan les agrupacions dels equips. En el cas de la seguretat elèctrica en quiròfans, segons normativa indica que cada quiròfan ha de tindre el seu propi SAI, és a dir, que tingui el seu sistema d'alimentació ininterrompuda (SAI) independent [22].

Quantitat	Tipus	Potencia
1	Il·luminació bàsica quiròfan	360 W
1	Il·luminació bàsica sala control	72 W
1	Làmpada	120 W
1	Taula Quirúrgica	500 W
1	Equip d'anestèsia	144 W
1	Monitor	102 W
1	Desfibril·lador	150 W
1	Sistema d'integració	360 W

2	Ordinadors	170 W
1	MicroSelectron HDR	100 W
1	Ecògraf	240 W
1	Càmera de control	22 W
1	Arc quirúrgic (equip)	3500 W
Total		5840 W = 5,84 kW

Taula 8.3. Potència dels equips mèdics.

Així doncs, el valor total de potencia consumida és de 5,84 kW per quiròfan tal i com es mostra en la taula 8.3.

Cal esmentar, que alguns valors son els valors d'equips similars però no del mateix model exacte, per aquesta raó s'ha tingut en compte petites variacions i s'ha escollit un SAI amb més capacitat. Per altra banda, cal saber que la majoria d'equips mèdics que s'utilitzen en aquestes intervencions tenen bateries pròpies que en el cas de fallida elèctrica els hi proporcionen autonomia pròpia. Tot i així, per tal de tindre la màxima seguretat en el quiròfan, cal posar-nos en el pitjor dels casos, és a dir, com si no hi haguessin aquestes bateries.

En especial, l'equip de radiació *MicroSelectron HDR* té un sistema de funcionament que permet que en el moment de desconexió del equip de la xarxa elèctrica les bateries s'engeguin i introdueixin la font de radiació dintre del contenidor blindat assegurant d'aquesta manera que no hi hagi accidents d'irradiació.

Sistema d'alimentació ininterrompuda:

El *sistema d'alimentació ininterrompuda* o *SAI* és un dispositiu que mitjançant una sèrie de bateries o altres elements d'emmagatzemat d'energia, pot proporcionar energia elèctrica als equips en funcionament durant una fallida de la xarxa elèctrica per un temps limitat. Aquests sistemes, per norma genera es posen en funcionament quan hi ha un tall de tensió elèctrica, una sobrecàrrega, pics de corrent, d'entre altres.

Així doncs, per saber quin SAI col·locar en el quiròfan cal tindre en compte la potencia màxima que haurà de subministrar als equips. Per aquesta raó cal tindre en compte la potencia activa calculada anteriorment.

Per dur a terme aquesta activitat, s'ha escollit la marca *EATON* ja que presenta SAIS que van des de potències de 350 VA a 1100 kVA. En el nostre cas, s'escull un model que cobreixi la necessitat de 5,84 kVA.

El model de EATON escollit és el *Eaton 9170+ UPS (3-18 kVA)* ja que funciona bé en ambients elèctrics difícils, és a dir, amb molta càrrega de treball i en aplicacions crítiques d'assistència sanitària, a més a més, de tindre un rang de potència elevat [76].



Il·lustració 8.96. SAI EATON 9170+UPS.

Anàlisi de l'impacte ambiental

En tot projecte que es realitzi en l'actualitat, s'ha de tindre un anàlisi de l'impacte ambiental per tal de conèixer la seva viabilitat. Aquest estudi, ajuda a prevenir i valorar les repercussions que pot causar aquest projecte sobre el medi ambient. Així doncs, a continuació s'ha llistat alguns impactes que té el present projecte sobre el medi ambient:

- Disposar d'una zona unificada per a les teràpies amb braquiteràpia, suposa reduir significativament el risc d'irradiació en altres zones de l'hospital, ja que, si només s'utilitza en una sector, hi ha menys perill que en cas d'accident la irradiació arribi a totes les instal·lacions de l'hospital.
- L'ús d'equipament de radiació de carga diferida, es més segur que no utilitzar material radioactiu manipulable per l'ésser humà. Així doncs, en el disseny d'aquest quiròfan com es treballa amb l'equip MicroSelectron HDR, hi ha més seguretat a l'hora de la gestió de residus, ja que aquest es realitzar per professionals que cada 3 mesos venent a canviar la font de irradiació.
- Per altra banda, s'ha optat per adquirir només un equip de radiació de manera que amb una bona planificació no calgui utilitzar més material d'irradiació que el necessari, no només d'aquesta manera reduint el perill d'accident radiològic sinó que també reduint a la meitat de residus provenint de les radiacions.
- Cal tindre en compte, que per dur a terme activitats en el quiròfan s'utilitza equipament d'alta tecnologia. Durant el disseny d'aquest quiròfan, s'ha intentat escollir equips innovadors que ja incloguin millores en el seu ús per al medi ambient.
- Durant una operació cal mantenir un bon nivell de bioseguretat, de manera que per tindre una bona seguretat cal utilitzar un gran volum de material fungible. Cal assegurar que el personal està ben format no només per tal de tindre una bona protecció radiològica sinó que també cal assegurar que fan un ús adequat del material fungible.
- L'avenç sobre l'ús d'aquestes teràpies, pot produir que s'utilitzin menys la radioteràpia externa la qual és més nociva pel cos humà, ja que no es centralitza en una zona tant concreta com en el cas de la braquiteràpia.
- Gràcies a tots els nivell de bioseguretat que s'aplica en el projecte s'evita la proliferació d'agents patògens en el interior del quiròfan de manera que els pacients no es contaminin i conseqüentment puguin contagiar a més persones en el exterior.

Per últim, es pot observar com l'ús d'un quiròfan amb equips de carga diferida és més segur que no usar teràpies amb material radiològic manipulable. Així doncs, cal seguir millorant en aquests tractaments de manera que en un futur sigui encara més segur l'ús de fonts ionitzants.

Conclusions

El principal objectiu del present projecte ha sigut el disseny d'un bloc quirúrgic dedicat a la braquiteràpia englobant tot el que correspon a la distribució de les sales, pla d'equipament i seguretat. Així doncs, el que s'ha volgut assolir es realitzar totes les parts necessàries per la posada en marxa d'un quiròfan per tractar una de les malalties més comuns en la actualitat com és el càncer, en especial en aquest cas pel càncers de pulmons i bronquis, pròstata i ginecològic.

Per dur a terme aquest projecte, no només s'ha tingut que realitzar un anàlisi de les principals necessitats d'equipament per a un quiròfan convencional, sinó que s'ha tingut en compte tot el que requeria dissenyar un bloc quirúrgic per a realitzar teràpies que utilitzen fonts ionitzants.

En l'actualitat, l'única unitat de braquiteràpia que existeix a Catalunya es troba a l'Institut Català d'Oncologia. El bloc quirúrgic que s'ha desenvolupat en aquest projecte, tot i que pot ser que estigui sobredimensionat, està dissenyat per cobrir les necessitats de la unitat de braquiteràpia que hi ha en l'actualitat, ja que degut a la seva antiguitat i les mides reduïdes no és un quiròfan que compleixi amb les necessitats actuals.

A més a més, en el present projecte s'ha pensat una nova metodologia de funcionament dels quiròfans de braquiteràpia, usant el mateix quiròfan tant per a la operació quirúrgica com per a la irradiació, evitant d'aquesta manera haver de realitzar el trasllat del pacient que pugui provocar que els aplicadors es moguin, i a més a més, evitant que els treballadors s'hagin de canviar de roba cada cop que surten del bloc quirúrgic per anar a la sala d'irradiació.

Per altra banda, una de les parts en la que s'ha posat especial èmfasi ha sigut en el desenvolupament de la seguretat radiològica, tenint en compte que cal dissenyar un blindatge especial per a cada tipus de sala i equip de radiació ionitzant utilitzat. En el present treball, s'ha treballat amb MicroSelectron HDR, que és l'equip més potent de braquiteràpia de la actualitat, assegurant així que si en la posteritat fos necessari fer ús de les instal·lacions per a altres equips de braquiteràpia menys potents, aquests contarien amb el blindatge necessari per al seu ús.

Conseqüentment, una vegada realitzat el treball i durant la realització d'aquest, s'han anat obtenint diverses conclusions tant específiques del propi projecte com generals que es podrien aplicar a la realització d'altres projectes. Les conclusions específiques són:

- En el disseny d'un bloc quirúrgic per a braquiteràpia, a diferencia d'altres tipus de quiròfans, s'ha de definir específicament quin tipus de tractament es vol desenvolupar, posat que cada tipus de càncer es tracta amb un equip diferent i cada equip requereix d'un blindatge especial.
- La bioseguretat d'un bloc quirúrgic és un factor altament necessari, ja que son zones on els pacients es troben en vulnerabilitat i cal evitar possibles contaminacions nosocomials. Per aquesta raó, és important aplicar el filtratge de l'aire necessari i tindre les pressions correctament establertes de cada zona del bloc quirúrgic.
- Aquest tipus de quiròfans no només han de comptar amb la correcta bioseguretat sinó que cal posar especial èmfasis en la protecció radiològica, ja que cal justificar correctament el per què de la pràctica, s'ha de fer una correcta optimització de la protecció (ALARA) i, per últim, cal limitar la dosi i el risc individual.
- Com ja s'ha esmentat anteriorment, s'ha d'estudiar la millor manera d'evitar que aquestes radiacions afectin a les persones. En aquest cas, també s'ha tingut en compte quin tipus de material és el més adient per a cada situació. Així doncs, com que es tracta d'un quiròfan que inicialment es construeix de zero, el material de blindatge és el formigó en el cas de les parets, ja que es necessita més quantitat però és més econòmic, el ferro junt amb formigó per al revestiment de sostres i terra, ja que ferro és més eficaç que el formigó i així no es perd alçada en el quiròfan a causa del revestiment i, per últim, el blindatge de les portes que es realitza amb plom ja que és el material més efectiu i s'evita que la porta tingui grans dimensions.
- El pla d'equipament s'ha desenvolupat tenint en compte no només les necessitats bàsiques d'un quiròfan convencional sinó que tenint en compte les necessitats específiques del quiròfan. En aquest cas per el tipus de tècnica realitzada no es fa necessari tindre electrobisturis, però sí que s'ha d'incorporar al pla d'equipament un ecògraf, un arc quirúrgic, i l'equip de radiació pertinent. Per altra banda, s'ha realitzat una comparativa de les diferents ofertes que es troben al mercat en l'actualitat, com per exemple nova tecnologia incorporada, fabricants, etc.

Així doncs, un cop llistades les conclusions pròpies extretes del disseny d'un bloc quirúrgic per aplicacions radiològiques, es mostren aquelles conclusions generals trobades a l'hora de realitzar un projecte de planificació i disseny d'una àrea ja sigui del àmbit de la salut o d'altres àmbits de la enginyeria.

- Cal tindre clars els objectius del projecte des de l'inici per a realitzar un desenvolupament metòdic i ordenat del treball. Això ha d'anar acompanyat d'una correcta recerca bibliogràfica que recolzi aquests objectius, ja que han de ser realistes i que es puguin anar seguint durant l'elaboració del projecte.
- Un cop establerts els objectius del projecte s'ha de marcar una cronologia per tal d'anar seguint les tasques a realitzar durant el treball. Tindre una bona planificació del temps i dels recursos de la informació pot ajudar a desenvolupar un treball clar de manera que la informació estigui completa i ordenada.
- Un altre punt important, és la realització del pressupost ja que tracta d'una tasca difícil posat que molts fabricant i distribuïdors, fan un preu especial per a cada cas i per a cada compra i conveni. Lo que això vol dir, que el preu es orientatiu ja que depèn de l'oferta que es presenta per a cada projecte i entitat pot variar considerablement. Per altra banda, cal esmentar que no només es pressuposta el pla d'equipament sinó que també les hores treballades per part de l'enginyer junt amb un enginyer expert.
- Per últim, es important desenvolupar un bon anàlisi per tal de contribuir a ajudar al medi ambient i, per altra banda, que el projecte sigui viable per a la seva posada en marxa. En aquest sentit, el tipus de teràpia que es realitza amb radiacions ionitzant en aquest projecte, no fa necessari que els professionals de la salut realitzin una manipulació directe de les fonts, per tant, la gestió de residus es duu a terme per part d'una empresa especialitzada externa, fet que provoca que sigui més senzill evitar que hi hagi accidents que desencadenin problemes amb el medi ambient.

Limitacions

Durant el present projecte, s'han desenvolupat alguns apartats que han sigut orientatius, degut a que no han estat objecte principal del present treball. Algunes limitacions que s'han tingut han sigut:

- *Disseny orientatiu del bloc quirúrgic.* Així doncs, en el desenvolupament d'aquest treball, només s'ha tingut en compte la distribució del bloc quirúrgic però no s'ha entrat en detall en el pla d'equipament de les altres sales com la URPA, sales d'administració, etc.
- *Càlcul de la instal·lació elèctrica i de les mides de bioseguretat.* El càlcul de la seguretat elèctrica ha estat orientatiu, tenint en compte només el consum de potència activa i calculant-lo en base a les condicions més extremes, és a dir, amb el màxim consum.

Per altra banda, s'ha estudiat i s'han buscat els filtres i els equips per tal de crear els nivell de bioseguretat necessaris però no s'ha entrat en el detall de la instal·lació.

- *Càlcul del pressupost.* Com ja s'ha comentat anteriorment, el pressupost depèn de les ofertes que els fabricants i les distribuïdores ofereixen per a cada projecte. En aquest cas s'ha calculat un preu estimat dels equips en la actualitat. Cal senyalar per altra banda, que només s'ha fet un càlcul del pressupost del pla d'equipament i del cost d'enginyeria però no dels materials i de la mà d'obra de la instal·lació, ja que per a realitzar aquesta valoració es necessari un especialista en la matèria.
- *Pla d'emergència.* En el present projecte no s'ha realitzat un pla d'emergència en cas d'accident radiològic i caldria tindre en compte en futurs dissenys quin tipus de procediment cal dur a terme en cas de fuga o incident.

Extensions futures

Tal i com s'ha mostrat a lo llarg de l'apartat, hi ha hagut diverses limitacions en el disseny del quiròfan, això porta, a plantejar una sèrie de millores i extensions futures per tal de realitzar un disseny més complet del bloc quirúrgic. Algunes de les extensions proposades serien:

- Estendre l'àrea del bloc quirúrgic per al tractament del càncer de mama. Per poder adaptar les instal·lacions per a aquest tractament caldria dissenyar una sala contigua que tingues un TAC (tomografia axial computeritzada) per tal de poder comprovar un cop realitzada la intervenció i abans de donar la dosi de radiació, que els aplicadors estan correctament col·locats en el tumor a tractar.
- Desenvolupar el filtratge de les instal·lacions per assolir un disseny complet de bioseguretat dintre del quiròfan i, per altra banda, fer un disseny complet de la instal·lació elèctrica.
- Desenvolupar el pla d'integració del quiròfan a fons, per tal, de crear un quiròfan que sigui més fàcil de manipular per als treballadors.
- Per últim, dissenyar un pla d'emergència. Aquests apartat és altament necessari per poder posar en marxa un bloc quirúrgic per aplicacions radiològiques, per tant, després de relitzar el disseny estructural per a la seguretat radiològica cal saber quins protocols d'emergència cal seguir.

Pressupost i/o Anàlisi Econòmica

En aquest apartat es detalla el pressupost orientatiu del preu d'aquest projecte. Així doncs, aquest pressupost inclou per una banda el cost de l'equipament del quiròfan 1 i 2, i per altra banda, el cost del professional que duu a terme el disseny, es a dir, del enginyer on primer de tot es fa el càlcul de les hores invertides en la realització del projecte i s'ha multiplicat pel cost per hora d'un enginyer (en aquest cas, s'ha calculat per un preu de 30 euros la hora).

Pressupost equipament Quiròfan 1 i 2:

Quantitat	Equip	Preu unitat (€/ud)	Preu total (€)
12	Il·luminació bàsica quiròfan + Sala control – llum blanca	2,32	39,84
12	Il·luminació bàsica quiròfan + Sala control – llum blava	6,65	79,80
2	Làmpada	20.000,00	40.000,00
2	Taula Quirúrgica	40.000,00	80.000,00
2	Equip d'anestèsia	35.000,00	70.000,00
2	Monitor	4.000,00	8.000,00
1	Desfibril·lador	6.000,00	6.000,00
2	Sistema d'integració*	130.000,00	260.000,00
4	Ordinadors	4.000,00	16.000,00
1	MicroSelectron HDR	220.935,49	220.935,49
2	Ecògraf	25.200,00	30.400,00
2	Càmera de control	130,00	260,00
1	Arc quirúrgic	60.000,00	60.000,00

2	SAIS	2.516,56	5.033,12
Total amb sistema d'integració			796.748,25
Total sense sistema d'integració			666.748,25

Taula 10. Pressupost pla d'equipament quiròfan 1 i 2.

Cost treball d'enginyeria

Concepte	Temps estimat (h)	Cost per hora (€/h)	Preu total (€)
Recerca bibliogràfica	110	30	5.500
Visites hospitals i centres oncològics	50	30	1.500
Disseny de la proposta	100	30	3.000
Elaboració memòria	140	30	4.200
Treball enginyer expert	40	50	2.000
Total			16.200 €

Taula 11. Pressupost treball d'enginyeria.

Cost total

Concepte	Preu (€)
Cost equipament amb pla d'integració (<i>quiròfan 1 i 2</i>)	796.748,25
Cost equipament sense pla d'integració (<i>quiròfan 1 i 2</i>)	536.748,25
Cost treball d'enginyeria	16.200
Total amb pla d'integració	812.948,25
Total sense pla d'integració	552.948,25

Taula 12. Pressupost total projecte (pla d'equipament + treball d'enginyeria).



Tal i com s'observa en els càlculs presentats en el projecte, es diferencia el cost del projecte, amb el pla i sense pla d'integració, això es degut a que aquest depèn de molts factors i resulta difícil fer un càlcul gaire aproximat.

Per altra banda, cal senyalar que tant el equip de radiacions (MicroSelectron), l'arc quirúrgic i el desfibril·lador, seran equips compartits pels dos quiròfans, degut a que el MicroSelectron i l'arc quirúrgic s'aniran alternant de quiròfan, és a dir, mentre en un quiròfan s'està irradiant amb el MicroSelectron a l'altre s'anirà realitzant la intervenció quirúrgica. D'aquesta manera es redueix el cost del pla d'equipament substancialment ja que són dos equips bastant cars.

Respecte al desfibril·lador, només hi haurà un per bloc quirúrgic ja que no se'n requereixen més per el tipus de quiròfan del que es tracta.



Bibliografia

1. Técnicas quirúrgicas básicas. *Área quirúrgica*. [En línia][Consulta: Setembre 2017] Disponible en: <https://es.slideshare.net/arloa/area-quirurgica>
2. Cuidándote. *Unidad de reanimación*. [En línia][Consulta: Setembre 2017] Disponible en: <http://www.cuidandote.net/2011/05/soy-del-pool-unidad-de-reanimacion/>
3. Quirófano. *Ingreso y cuidados en URPA*. [En línia][Consulta: Setembre 2017] Disponible en: <http://www.quirofano.net/el-quirofano/urpa.php>
4. Definición. *Quirófano*. [En línia][Consulta: Setembre 2017] Disponible en: <https://definicion.de/quirofano/>
5. Quirófano. *Bioseguridad en quirófano*. [En línia][Consulta: Setembre 2017] Disponible en: <http://www.quirofano.net/areas-quirofano/bioseguridad-quirofano.php>
6. Real Decreto 664/97, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el Trabajo.
7. SIMULSA. *Presión positiva*. [En línia][Consulta: Setiembre 2017] Disponible en: <https://simulsa.com.mx/presion-positiva/>
8. Castro Ruiz, Francisco; San José Alonso, Julio; Villafruela Espina, Jose Manuel; Guijarro Rubio, Álvaro, 2011. *Manual de diseño de la climatización y ventilación de quirófanos y habitaciones en centros hospitalarios de Castilla y León*. Mata Digital, S.L. ISBN: 978-84-614-4588-9.
9. AIRE TRADE CENTRE. *Tratamiento de aire en los quirófanos*. [En línia][Consulta: Setembre 2017]. Disponibl en: https://www.airtradecentre.com/downloads/ES/Tratamiento_de_aire_en_los_QUIROFANOS.pdf
10. FREUDENBERG. *Hospitales y centros médicos*. [En línia][Consulta: Setembre 2017] Disponible en: <https://www.freudenberg-filter.com/index.php?id=983&L=7>
11. UNE-EN 779:2013. *Norma de clasificación de filtros*.
12. UNE-EN-1822-1:2010. *Filtros absolutos (EPA, HEPA y ULPA). Parte 1: Clasificación, principios generales del ensayo y marcado*.
13. VENFILTER. *Guía comparativa de normas para la clasificación de los filtros de aire*. [En línia][Consulta: Octubre 2017] Disponible en: <http://www.venfilter.es/normativa/guia-comparativa-de-normas-para-la-clasificacion-de-los-filtros-de-aire>
14. FAARVENT. *Filtros absolutos HEPA de alta eficacia*. [En línia][Consulta: Octubre 2017] Disponible en: <http://www.faarvent.com.mx/portfolio/filtros-absolutos-hepa-de-alta-eficiencia-95-h11-99-97h13-y-99-99-h14/>

15. Ministerio de sanidad y política social. Bloque quirúrgico. *Estándares y recomendaciones*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <http://www.msssi.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/BQ.pdf>
16. Quirófano. *Estructura del quirófano*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <http://www.quirofano.net/areas-quirofano/estructura-quirofano.php>
17. UNE-EN 737-1. *Sistemas de distribución canalizada de gases medicinales. Parte 1: unidades terminales para gases medicinales comprimidos y de vacío*.
18. Cruz Roja Argentina Filial Concorcia. *Tecnicatura en instrumentación quirúrgica*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: https://es.slideshare.net/mary_17914/la-mesa-de-operaciones
19. Guillen German, Luis Enrique. *Circuitos electrohidráulico*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/177334472/CIRCUITOS-ELECTROHIDRAULICO>
20. SCANDIA. *Mesa quirúrgica*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <http://pdf.medicaexpo.es/pdf/lojer/scandia-sc330-brochure/79160-175768.html#open>
21. Clínica Universitaria de Navarra. *Diseño de un bloque quirúrgico*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <https://www.unav.edu/publicaciones/revistas/index.php/revista-de-medicina/article/viewFile/5014/4337>
22. Norma ITC-BT-38. *Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención*.
23. Portes Tapia, Mirely. *Máquinas de anestesia*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/anesthesiologiahcffaa/maquinas-de-anestesia>
24. Sistemas Anticontaminación. *Canister-Filtro de carbón activo*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <http://www.aficionadosalamecanica.net/canister.htm>
25. Electrobisturías. *Teoría de funcionamiento*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: http://www.efn.uncor.edu/escuelas/biomedica/Plandeestudios/materias%20completas/Instrumentacion%20biomedica/Material/agosto%202010/ESU_Teoria.pdf
26. ELECTROMEDINTER. *Monitor de quirófano*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <http://www.electromedinter.com/medicina/List/show/monitor-de-quirofano-cod-lx600w-618>
27. MEDICALEXPO. *Monitor multiparamétrico de transporte*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: http://www.medicaexpo.es/prod/heyer-medical/product-68736-425445.html?utm_source=ProductDetail&utm_medium=Web&utm_content=SimilarProduct&utm_campaign=CA
28. BIOMEDEX. *Fundamentos de gestión y funcionamiento de desfibrilador externo*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <https://imdblognoticias.files.wordpress.com/2015/08/fundamentos-de-gestic3b3n-y-funcionamiento-de-desfibrilador-externo-automc3a1tico.pdf>

29. Fundamentos de la ventilación mecánica. *Descripción de un ventilador*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <http://www.fundamentosventilacionmecanica.com/C5.html>
30. Ventilación mecánica. *Selección y tipos de interfaces para la VNI*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <http://www.fundamentosventilacionmecanica.com/C5.html>
31. Abad Boveda, Marta. *Radiacions ionitzatns*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: https://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/1954_PRP/PRP_1954_C03/web/html/media/fp_prp_c03_u7_pdfindex.pdf
32. AMERICAN CANCER SOCIETY. *Radioterapia interna (braquiterapia)*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <https://www.cancer.org/es/tratamiento/tratamientos-y-efectos-secundarios/tipos-de-tratamiento/radioterapia/radioterapia-interna.html>
33. CSN. *Protección radiológica*. [En línea][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.csn.es/proteccion-radiologica>
34. CSN. *Equipamiento utilizado en braquiterapia*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1017663277_25102010161213.pdf
35. Técnico de radioterapia. *Fundamentos y técnicas de radioterapia*. [En línea][Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <http://tecnicoderadioterapia.blogspot.com.es/2010/03/braquiterapia-fundamentos-y-tecnicas-de.html>
36. MEDICALEXPO. *Proyector de fuente braquiterapia*. [En línea][Consulta: Noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.medicalexpo.es/prod/varian-oncology/product-70440-424110.html>
37. Saxena, Upasna. *Brachytherapy in carcinoma cervix*. [En línea][Consulta: Noviembre 2017]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/upasnasaxena73/carcinoma-cervix-brachytherapy-dr-upasna>
38. Desayuno con fotones. *¿Qué es alara?*. [En línea][Consulta: Noviembre 2017]. Disponible en: <https://desayunoconfotones.org/2014/03/28/que-es-alara/>
39. Norma ISO 9001:2000. *Sistema de gestión de Calidad*.
40. Norma UNE-HD 60364-7-710:2014. *Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-710: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Locales de uso médico*.
41. Norma UNE-EN 60601-1:2008. *Equipos electromédicos. Parte 1: Requisitos generales para la seguridad básica y funcionamiento esencial*.
42. Norma REAL DECRETO 842/2002. *Reglamento electrotécnico para baja tensión*.
43. Norma ITC-BT-28. *Instalaciones en locales de pública concurrencia*.
44. Norma UNE-EN 12464-1:2012. *Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo de interiores*.
45. Real Decreto 1085/2009, de 3 de julio. *El Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico*.
46. Real Decreto 783/2001, de 6 de julio. *El Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes*.

47. Directiva 96/29 Eurotom del consejo de la Unión Europea.
48. INE. *Defunciones según la Causa de Muerte 2015*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t15/p417/a2015/l0/&file=04001a.px>
49. TARKETT. *Suelos Vinílicos Homogéneos*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: https://profesional.tarkett.es/es_ES/buscar/productos?search%5Bbody%5D=&page=1&filter-category_b2b%5B%5D=Suelos+Vin%C3%ADlicos+Homog%C3%A9neos
50. MEDICAL ENGINEERING. *Quirófanos*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.medical-engineering.es/los-quir%C3%B3fanos.htm>
51. UAB. *Bioseguretat*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.uab.cat/web/bioseguretat-1271850580619.html>
52. VENFILTER. *Bag-Synthetic M5*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.venfilter.es/producto/bag-synthetic-m5>
53. VENFILTER. *Bag-glass F8-Bag-glass F9*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.venfilter.es/producto/bag-glass-f8-bag-glass-f9>
54. VENFILTER. *Poliven (galvanizado)*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.venfilter.es/producto/poliven-galvanizado>
55. MEDICCLEANAIR. *Productos*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: http://mediccleanair.com/index.php?products_es
56. National Council on radiation protection and measurements. *Protection against radiation from brachytherapy sources (NCRP-40)*.
57. TRUMPF. *TruLight 5000*. [En línia][Consulta: Noviembre 2017]. Disponible en: <https://www.trumpfmedical.com/es/products/surgical-and-examination-lights/trulight-5000-surgical-light/>
58. TRUMPF MEDICAL. *TruSystem 7500*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.trumpfmedical.com/es/products/or-tables/or-table-systems/trusystem-7500-or-table/>
59. GE HEALTHCARE. *Aisys CS2*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: http://www3.gehealthcare.es/es-es/productos/categorias/cuidados_perioperatorios/aisys_cs2#tabs/tabC8BCF5CE2DB648E4B6C0C4D9C94BA2D3
60. SONY. *LMD-2765MD*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.sony.es/pro/product/medical-surgical-monitors/lmd-2765md/overview/>
61. PHILIPS. *HeartStart XL+*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.philips.es/healthcare/product/HCNOCN88/heartstart-xl-plus-defibrillator-monitor>
62. TRUMPF MEDICAL. *TruConnect*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.trumpfmedical.com/es/products/or-integration-systems/truconnect-or-integration-system/>

63. REIN MEDICAL. *Clinio concept*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.reinmedical.com/es/productos-viewmedic/ordenador-medica-sistema-clinio4-concept.html>
64. ELEKTA. *MicroSelectron Digital*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.elekta.com/dam/jcr:cbc09f98-d04e-4262-a082-37d7d189577a/MicroSelectron%20brochure.pdf>
65. ELECTROMEDICINA. ¿Qué es y cómo funciona la ecografía?. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <http://fuyurnet.blogspot.com.es/2010/05/electromedicina-que-es-y-como-funciona.html>
66. KPI HEALTHCARE. *Ecógrafo Philips ClearVue 550*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.equipo-ultrasonido.com/ecografo-philips-clearvue-550.html>
67. HIKVISION. *Serie 6*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: http://www.hikvision.com/es/Products_accessories_10527_i36517.html
68. Lloclla D., Gloria M.. *Equipo de rayos X rodable tipo arco en C*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/pedro091224/arco-en-c>
69. VILLA. *Arcovis3000R*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.villasm.com/es/art/18/arcovis-3000-r.html>
70. CSN. *Riesgos radiológicos en instalaciones de braquiterapia*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1417642745_412200992212.pdf
71. CSN, 2012. *Guía técnica del Consejo de Seguridad Nuclear para el desarrollo y la implantación de los criterios radiológicos de la Directriz básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Radiológico*. Consejo de seguridad nuclear. M-27607-2012.
72. CSN. *Qué hacemos en relación a los Planes de Emergencia*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.csn.es/planes-de-emergencia>
73. Electricaplicada. *Que es la potencia activa P(kW)*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.electricaplicada.com/que-es-la-potencia-activa-p-kw/>
74. SKV. *Optimización costes energía*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://blog.gesternova.com/que-es-la-energia-reactiva-y-por-que-se-refleja-en-la-factura-de-la-luz-de-tu-empresa/>
75. Electricaplicada. *Que es la potencia aparente S(kVA)*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.electricaplicada.com/que-es-la-potencia-aparente-kva/>
76. EATON. *Eaton 9170+ UPS*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/9170.aspx?cx=19&GUID=FC7DF444-7E4B-420E-9D6A-19E40135B410>
77. BRICOMART. *Tubo fluorescente T8 36 W luz blanca*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.bricomart.es/tubo-fluorescente-t8-36w-luz-blanca.html>

78. LAMPARADIRECTA. *TL-D Colored 36W (MASTER)*. [En línia][Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.lamparadirecta.es/philips-tl-d-colored-36w-master-120cm-azul>

Annex A. Càlcul d'il·luminació.

En aquest annex s'especifica el perquè de l'elecció de la il·luminació general del quiròfan. Basant-nos en el ITC-BT-38, i els valors que es volien assolir.

A.1. Zona de quiròfan

Així doncs, per a la zona de quiròfan es decideix posar 700 lux, ja que es un valor que esta entre els 500 lx i els 1000 lx, que son els valors que s'han d'assolir a la zona de quiròfan.

Fent el càlcul amb l'equació A.1.:

$$1lx = 1lm / 1 m^2$$

Equació A.1. Equivalència de lux a lúmens.

I amb les dades especificques del nostre quiròfan obtenim que:

$$700 lx = xlm / 30m^2$$

$$x = 21.000 lm$$

En aquest context, amb aquest resultat el que es necessita es obtenir una il·luminació de 21.000 lm en tota l'habitació. Per altra banda, i amb els valors d'intensitat dels fluorescents de 36 W de color blanc i blau, que son 3250 lm [77] i 960 lm [78], respectivament, es fa el càlcul per saber quants lumen suposen la col·locació de 5 fluorescents blancs i blaus.

$$FBlanc = 3250 lm \cdot 5 ud = 16250 lm$$

$$FBlau = 960 lm \cdot 5 ud = 4800 lm$$

$$lmtotals = FBlanc + FBlau = 16250 lm + 4800 lm = 21050 lm$$

Així doncs, a la zona del quiròfan s'han de col·locar 5 fluorescents blancs i 5 fluorescents blaus per obtenir la il·luminació necessària.

A.2. Zona de control

A la zona de control, al no tractar-se d'una zona on es realitzen les intervencions quirúrgiques els valors de lx necessaris que cal assolir són d'entre 300 lx i 500 lx. En aquest cas, i de la mateixa manera que en el cas anterior, es treballa amb un valor mig de 400 lx.

En aquest cas els càlculs són els següents:

$$1lx = 1lm/1m^2$$

Equació A.2. Equivalència de lux a lúmens.

I substituint les dades obtenim:

$$400 lx = xlm/10m^2$$

$$x = 4.000 lm$$

Utilitzant els mateixos valors d'intensitat de la llum blanca i blava de 3250 lm i 960 lm, respectivament, i en aquest cas utilitzat només una unitat de cada tipus, s'obté que:

$$FBlanc = 3250 lm \cdot 1 ud = 3250 lm$$

$$FBlau = 960 lm \cdot 1 ud = 960 lm$$

$$lmtotals = FBlanc + FBlau = 3250 lm + 960 lm = 4210 lm$$

Per aquesta raó, es col·loca una unitat de fluorescent blanc i una altra de blava.

Annex B. Senyalitzacions.

Existeixen diferents senyalitzacions depenent del risc d'irradiació que hi hagi, i en cada tipus de zona existeix una normativa diferent.

B.1. Senyalitzacions especials d'irradiació

Zona vigilada:

En aquesta zona existeix la probabilitat de rebre dosis superior a la dels límits de dosis per a membre del públic però sent molt improbable el rebre dosis efectives superiors a 6 mSv o dosis equivalents superiors als 3/10 dels límits de dosis equivalents per al cristal·lí, pell i extremitat.



Il·lustració B.1. *Senyalització zona vigilada per risc d'irradiació.*

Zona controlada:

Dintre de la zona controlada existeix la probabilitat de rebre dosis efectives superiors a 6 mSv o dosi equivalent superiors als 3/10 dels límits de dosi equivalents per al cristal·lí, pell i extremitats.

En aquesta zona es necessari tindre procediments de treball amb objectiu de reduir la exposició a la radiació, evitar la contaminació radioactiva o prevenir i limitar la probabilitat i magnitud d'accidents radiològics o les seves conseqüències.



Il·lustració B.1. Senyalització zona controlada per risc d'irradiació.

Existeixen diferents tipus de senyalitzacions dintre de la zona controlada depenen del risc radiològic ja que pot ser que alguna zona hagi de ser més restrictiva depenen de la dosi emesa. Les diferents zones són les següents:

- Zona de permanència limitada: Aquesta zona té risc de rebre una dosi superior als límits de dosi establerts si es roman durant tota la jornada laboral completa, és a dir, 50 setmanes a l'any, 5 dies a la setmana i 8 hores al dia.



Il·lustració B.3. Senyalització zona de permanència limitada per risc d'irradiació.

- Zona de permanència reglamentada: En aquesta zona existeix el risc de rebre dosis superiors als límits establerts de dosi en curts períodes de temps. Així doncs, requereix de prescripcions especials des de el punt de vista de l'optimització.



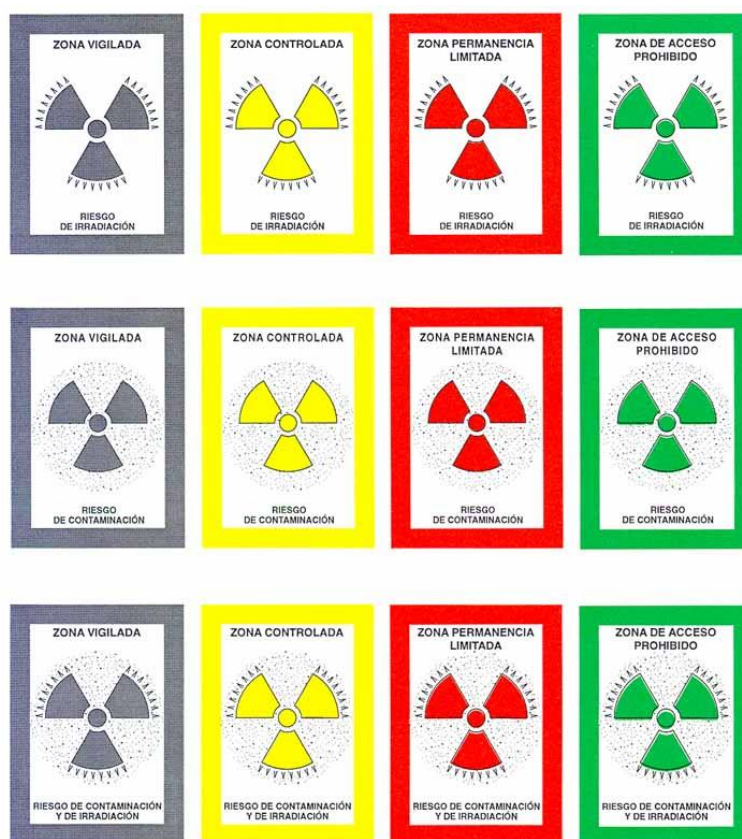
Il·lustració B.4. Senyalització zona de permanència reglamentaria per risc d'irradiació.

- Zona d'accés prohibit: En aquesta zona existeix el risc de rebre en una sola exposició dosis superiors als límits de dosis.



Il·lustració B.5. Senyalització zona d'accés prohibit per risc d'irradiació.

Cal destacar que també existeixen diferents tipus de perills, pot ser que hi hagi perill de irradiació com en les figures mostrades anteriorment, perill de contaminació o perill dels dos tipus, tal i com es mostra en la Il·lustració B.6.



II·lustració B.6. *Senyalització de les diferents zones per risc d'irradiació, contaminació o per ambdues.*

Annex C. Fitxes tècniques dels equips biomèdics

Aquest annex mostra les característiques tècniques més importants dels equips mèdics escollits en el present projecte.

C.1. Làmpada quirúrgica

Característiques TruLIGHT 5510:	
Intensitat de llum a 1 m (lux)	160.000
Regulació d'intensitat de la llum (%)	40-100
Dimensions de camp variable en funció de la distància (cm)	16-30cm
Temperatura de color, k (ajustable durant la instal·lació)	3500/4000/4500/5000
Rati irradiació/intensitat (mW/m ² lux)	3,59/3,62
Vida efectiva dels diodes Led	>40.000 hores
Substitució o reposició dels Led's	Individual

Taula C.1. Característiques tècniques TruLIGHT 5510.

C.2. Taula quirúrgica

Característiques TruSystem 7500:	
Ajustament d'alçada	
• Columna mòvil	510 mm – 1060 mm
• Columna fixa	490 mm – 1040 mm
• Columna muntada al terra	52mm – 1070 mm
Eix	550 mm

Trendelenburg y antitrendelenburg	$\pm 45^\circ$
Inclinació	$\pm 30^\circ$
Rotació de la columna fixa	360 ° (sense límit)

Taula C.2. *Característiques tècniques de la taula quirúrgica TruSystem 7500.*

C.3. Equip d'anestèsia

Característiques Aisys CS2	
Alçada	133,9 cm
Amplada	68 cm
Profunditat	82 cm
Pes	190 Kg
Especificacions ventilador	
Rang de volum	20 a 1500 ml
Corrent de fuga	< 500 μ A
Entrada d'alimentació	220-240 Vac
Temps funcionament bateries	30 min - 90 min

Taula C.3. *Característiques tècniques Aisys CS2.*

C.4. Monitors

Característiques LMD-2765	
Mida de la imatge (diagonal)	686 mm
Resolució	1920x1080 píxels
Entrada CC	24 V
Entrada CA	100 – 240 Vca
Temperatura de funcionament	De 0°C a 35°C
Pes	8,5 Kg

Taula C.4. Característiques tècniques LMD-2765.

C.5. Desfibril·ladors

Característiques HEARTSTART XL+	
Dimensions	(340x210x345) mm
Pes	6 Kg
Temperatura d'operació	32°C-113°C
Energia de sortida	1 - 200 Joules
Voltatge de la bateria	14,6 V
Temps de funcionament bateria	3,5 hores a 5 hores
Normativa	EN 60601-1, UL 2601-1, CSA C 22,2 nº 601-1-M90 CSA, EN 60601-2-4

Taula C.5. Característiques tècniques HEARTSTART XL+.

C.6. Pla d'integració

Control (dispositiu portàtil) TruConnect	
Mides (amplada x alçada x profunditat)	(150 x 247 x 17) mm
Alimentació elèctrica	5 V
Tipo de protecció	IP67

Taula C.6. *Característiques tècniques dispositiu portàtil TruConnect.*

Servidor TruConnect	
Mides (amplada x alçada x profunditat)	(220 x 430 x 578) mm
Alimentació elèctrica	100 – 240 Vca
Processador	Tipo Intel XEON

Taula C.7. *Característiques tècniques servidor TruConnect.*

Estació de paret TruConnect	
Mides (amplada x alçada x profunditat)	(150 x 247 x 17) mm
Alimentació elèctrica	100 – 240 Vca
Pes	25 kg

Taula C.8. *Característiques tècniques estació de paret TruConnect.*

C.7. Ordinadors

Característiques Ordinador CLINIO 4	
Tipo de protecció	IP65
Operació	Panel tàctil capacitiu
Processador	I5 o I7
Memòria RAM	4 GB
Disc dur	500 GB
Sistema operatiu	LINUX, Windows 7 o Windows 8
Normativa	DIN EN 60601-1 i DIN EN 60601-1-2

Taula C.9. Característiques tècniques Ordinador CLINIO 4.

C.8. Ecògraf

Característiques Ecògraf Philips ClearVue 550:	
Mida del monitor	17" LCD
Tipo de imatge	Panoràmica 2D
Disc dur	320 GB
Gravadora	CD/DVD
Tipus de port	Ethernet
Tipus de sondes/transductors	<ul style="list-style-type: none"> Sonda cardíaca sectorial S4-1 [1-4 MHz] Sonda convexa C5-2 [2-5 MHz] Sonda lineal L12-4 [4-12 MHz] Sonda intercavitaria C9-4v [4-9 MHz]

Taula C.10. Característiques tècniques de l'Ecògraf Philips ClearVue 550.

C.9. Càmera de vigilància

Característiques DS-2CD6986F-(H):	
Dimensions	(195x159) mm
Sensor d'imatge	1/1,8" Scan progressiu CMOS
Min. Il·luminació	0,002 lx
Lents	5 mm x 4; Pan:180 °; Inclinació 78,4º
Condicions d'operació	-30ºC - 60ºC i <95% Humitat
Subministrament d'energia	24 Vac
Pes	2,82 kg

Taula C.11. Característiques tècniques de la càmera de vigilància.

C.10. Arc quirúrgic

Característiques Arcovis 3000 S compact:	
Rang de kV	40-110 kV
Control de dosis (kV – mA)	Manual o automàtica
Temps	0,4 – 5 segons
Matriu de la càmera	752 x 582 x 10 bits
Màxima resolució del monitor	1280 x 1024
Mida pantalla monitor	17"
Subministrament d'energia	230 Vac

Taula C.12. Característiques tècniques Arcovis 3000 S